



HOCHSCHULE  
OSNABRÜCK  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

# HOCHSCHULE OSNABRÜCK

University of Applied Sciences

## FAKULTÄT WIRTSCHAFTS- UND SOZIALWISSENSCHAFTEN

Bachelorstudiengang Ergotherapie, Logopädie, Physiotherapie

### Bachelorarbeit

**Titel:** Diagnostikverfahren zur Überprüfung von  
Zahlenverarbeitungs- und Rechenstörungen (Akalkulien) im  
deutschsprachigen Raum –  
eine systematische Übersichtsarbeit und kritische Analyse

Erstprüferin: Prof. Dr. Barbara Schneider  
Zweitprüferin: Dr. Kerstin Richter

Bearbeiterin: Tina Rohleder  
Matrikel-Nr.: 853915

Abgabedatum: 31.01.2020

# Inhaltsverzeichnis

<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>V</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>VI</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>VII</b>
<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>IX</b>
<b>1 EINLEITUNG.....</b>	<b>10</b>
1.1 FORSCHUNGSIDEE .....	10
1.2 ZIELE UND FRAGESTELLUNGEN.....	12
1.3 AUFBAU UND VORGEHENSWEISE DER ARBEIT.....	12
<b>2 THEORETISCHER HINTERGRUND .....</b>	<b>13</b>
2.1 DEFINITION UND BEGRIFFSABGRENZUNG .....	13
2.2 SYMPTOMATIK DER AKALKULIEN .....	14
2.2.1 <i>Störungen des Transkodierens</i> .....	14
2.2.2 <i>Störungen der quantitativen Größenrepräsentation</i> .....	15
2.2.3 <i>Störungen des Rechnens</i> .....	15
2.3 EINORDNUNG IN DIE ICF .....	16
2.4 DIAGNOSTIK DER AKALKULIE .....	17
2.5 ROLLE DER SPRACHTHERAPIE BEI AKALKULIEN .....	19
2.6 MODELLE DER MENTALEN ZAHLENVERARBEITUNG .....	20
2.6.1 <i>Numerisches System (Noel &amp; Seron 1993)</i> .....	20
2.6.2 <i>Kognitiv neuropsychologisches Modell (McCloskey, Caramazza &amp; Basili 1985).....</i>	21
2.6.3 <i>„Triple-Code“-Modell (Dehaene 1992)</i> .....	22
2.6.4 <i>Multi- Route- Modell (Cipolotti &amp; Butterworth 1995)</i> .....	24
2.7 NEUROBIOLOGISCHE GRUNDLAGEN DER ZAHLENVERARBEITUNG .....	25
2.8 KRITERIEN ZUR BEWERTUNG DER DIAGNOSTIKVERFAHREN.....	27
<b>3 METHODE.....</b>	<b>30</b>
3.1 DARSTELLUNG UND BEGRÜNDUNG DES METHODISCHEN VORGEHENS.....	30
3.2 THEORETISCHER HINTERGRUND.....	33
3.2.1 <i>Wissenschaftliche Datenbanken und Suchbegriffe</i> .....	33
3.2.2 <i>Bibliotheken und Handsuche</i> .....	33
3.2.3 <i>Öffentliches Internet</i> .....	33
3.2.4 <i>Auswahl der Bewertungskriterien</i> .....	34
3.3 ERGEBNISTEIL .....	34
3.3.1 <i>Ein- und Ausschlusskriterien</i> .....	34

3.3.2	<i>Wissenschaftliche Datenbanken und Suchbegriffe</i> .....	35
3.3.3	<i>Bibliotheken und Handsuche</i> .....	36
3.3.4	<i>Öffentliches Internet</i> .....	36
3.3.5	<i>Auswahl der Diagnostikverfahren</i> .....	37
<b>4</b>	<b>ERGEBNISSE</b> .....	<b>37</b>
4.1	DARSTELLUNG DER DIAGNOSTIKVERFAHREN ZUR AKALKULIE .....	37
4.2	EC 301 R (CLAROS SALINAS 1994) .....	38
4.2.1	<i>Beschreibung des Verfahrens</i> .....	38
4.2.2	<i>Theoretische Fundierung</i> .....	39
4.2.3	<i>Auswertung und Klassifizierung</i> .....	40
4.2.4	<i>Praktikabilität und Testgütekriterien</i> .....	40
4.3	STÖRUNGEN DER ZAHLENVERARBEITUNG (HÜTTEMANN 1998) .....	42
4.3.1	<i>Beschreibung des Verfahrens</i> .....	42
4.3.2	<i>Theoretische Fundierung</i> .....	44
4.3.3	<i>Auswertung und Klassifizierung</i> .....	44
4.3.4	<i>Praktikabilität und Testgütekriterien</i> .....	45
4.4	ZAHLENVERARBEITUNGS- UND RECHENTEST (KALBE ET AL. 2002) .....	46
4.4.1	<i>Beschreibung des Verfahrens</i> .....	46
4.4.2	<i>Theoretische Fundierung</i> .....	48
4.4.3	<i>Auswertung und Klassifizierung</i> .....	49
4.4.4	<i>Praktikabilität und Testgütekriterien</i> .....	49
4.5	TEST ZUM KOGNITIVEN SCHÄTZEN (BRAND ET AL. 2002) .....	52
4.5.1	<i>Allgemeine Informationen</i> .....	52
4.5.2	<i>Theoretische Fundierung</i> .....	53
4.5.3	<i>Auswertung und Klassifizierung</i> .....	53
4.5.4	<i>Praktikabilität und Testgütekriterien</i> .....	53
4.6	AIBLINGER AKALKULIE SCREENING (KELLER & MASER 2004) .....	54
4.6.1	<i>Beschreibung des Verfahrens</i> .....	54
4.6.2	<i>Theoretische Fundierung</i> .....	56
4.6.3	<i>Auswertung und Klassifizierung</i> .....	57
4.6.4	<i>Praktikabilität und Testgütekriterien</i> .....	57
4.7	VERGLEICH DER DIAGNOSTIKVERFAHREN .....	59
4.7.1	<i>Allgemeine Informationen</i> .....	59
4.7.2	<i>Theoretische Fundierung</i> .....	60
4.7.3	<i>Auswertung und Klassifizierung</i> .....	61
4.7.4	<i>Praktikabilität und Testgütekriterien</i> .....	62
<b>5</b>	<b>DISKUSSION</b> .....	<b>66</b>
5.1	METHODENDISKUSSION .....	66
5.2	ERGEBNISDISKUSSION .....	69

---

5.3	SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK .....	71
	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>73</b>
	<b>ANHANG.....</b>	<b>77</b>
	<b>EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG .....</b>	<b>86</b>

# Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: ICF-MODELL .....	16
ABBILDUNG 2: EMPFOHLENE AUFGABENBEREICHE .....	19
ABBILDUNG 3: KOGNITIV NEUROPSYCHOLOGISCHES MODELL (McCLOSKEY ET AL.1985) .....	22
ABBILDUNG 4: TRIPLE-CODE-MODELL (DEHAENE 1992) .....	24
ABBILDUNG 5: MULTI-ROUTE-MODELL (CIPOLOTTI & BUTTERWORTH 1995) .....	25
ABBILDUNG 6: METHODISCHES VORGEHEN .....	32

# Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: EIN- UND AUSSCHLUSSKRITERIEN DER SYSTEMATISCHEN RECHERCHE .....	34
TABELLE 2: ÜBERSICHT ÜBER DIE SUCHBEGRIFFE .....	36
TABELLE 3: VERGLEICH VON PRAKTIKABILITÄT UND TESTGÜTEKRITERIEN DER VERFAHREN .....	62

# Abkürzungsverzeichnis

AAS	Aiblinger Akalkulie Screening
ICF	International Classification of Functioning, Disability and Health
SVZ	Störungen der Zahlenverarbeitung
TKS	Test zum kognitiven Schätzen
WHO	World Health Organisation
ZRT	Zahlenverarbeitungs- und Rechentest

# Zusammenfassung

**Hintergrund und Ziele:** Zahlen und numerische Informationen sind in der heutigen Zeit von sehr hoher Alltagsrelevanz, da jede Person täglich in Form von Preisen, Uhrzeiten, Telefonnummern und als Bestandteil von Adressen mit ihnen konfrontiert wird (vgl. Mueller & Moeller 2017: 19). Diese Zahlenverarbeitung und das damit verbundene Rechnen können jedoch bei Patienten mit einer Hirnschädigung beeinträchtigt sein und man spricht in diesem Fall von einer Akalkulie (vgl. Ardila & Rosselli, 2002: 180). Trotz der immensen Wichtigkeit, diese Störungen, die einen negativen Einfluss auf die soziale Teilhabe des Patienten haben, zu therapieren, erscheint die Forschungslage zu diesem Thema äußerst knapp. Da vor allem wenige spezifische Diagnostikverfahren vorliegen, ist es das Ziel dieser Arbeit, eine Übersicht über die im deutschen Sprachraum vorhandenen Diagnostikverfahren zu geben, diese kritisch zu betrachten und zu vergleichen.

**Methode:** Im Sinne einer systematischen Übersichtsarbeit (vgl. Ressing et al. 2009: 462) wurden die Rechercheergebnisse zu den Diagnostikverfahren systematisch zusammengetragen und hinsichtlich ausgewählter Kriterien bewertet und verglichen.

**Ergebnisse:** Im deutschsprachigen Raum wurden bisher vier verschiedene Verfahren zur Diagnostik von Zahlenverarbeitungs- und Rechenstörungen veröffentlicht. Diese sind EC 301 (Claros Salinas 1994), Störungen der Zahlenverarbeitung (SZV, Hüttemann 1998), Zahlenverarbeitungs- und Rechentest (ZRT, Kalbe et al. 2002) und das Aiblinger Akalkulie Screening (AAS, Keller & Maser 2004). Die Verfahren unterscheiden sich sowohl hinsichtlich ihrer theoretischen Basis als auch in Bezug auf Inhalt und Auswertung deutlich voneinander. Der ZRT ist das einzige dieser Verfahren, welches Angaben zur Testgüte umfasst.

**Schlussfolgerung:** Da jedes der analysierten Verfahren unterschiedliche Schwerpunkte setzt und verschiedene Ziele verfolgt werden, ist keins der Diagnostikverfahren uneingeschränkt zur Diagnostik von Zahlenverarbeitungs- und Rechenstörungen zu empfehlen. Die Eignung eines Testverfahrens ist somit stark anhängig von der Intention des Testleiters und der zugrundeliegenden Fragestellung.

**Schlüsselwörter:** Akalkulie, Zahlenverarbeitungsstörung, Rechenstörung, Diagnostikverfahren, Systematische Übersichtsarbeit



# Abstract

**Background and objectives:** Numbers and numerical information are of very high relevance in everyday life, since everyone is in daily contact with them concerning prices, time, telephone numbers and part of addresses (cf. Mueller & Moeller 2017: 19). However, the capability of processing- numbers and of numeracy can be impaired in patients with brain damage. This is referred to as acalculia (cf. Ardila & Rosselli, 2002: 180). Despite the great importance of treating these disorders, which have a negative impact on the patient's social participation, the research situation on this topic appears to be extremely scarce. Due to the lack of specific diagnostic procedures in particular, the objective of this work is to provide an overview of the diagnostic procedures available in the German-speaking countries, to critically examine and to compare these procedures.

**Methods:** In the sense of a systematic review (cf. Ressing et al. 2009: 462), the research results for the diagnostic procedures were systematically compiled, evaluated and compared in terms of selected criteria.

**Results:** So far, four different methods for diagnosing disruptions of numerical processing and calculation have been published in German-speaking countries. These are EC 301 (Claros Salinas 1994), Störungen der Zahlenverarbeitung (SZV, Hüttemann 1998), Zahlenverarbeitungs- und Rechentest (ZRT, Kalbe et al. 2002) and Aiblinger Akalkulie Screening (AAS, Keller & Maser 2004). The given methods differ in theoretical principles, as well as in content and evaluation. Solely the procedure of ZRT includes details concerning the test quality.

**Conclusions:** Each of the analyzed methods has different priorities and pursues different objectives. Therefore, neither of the discussed diagnostic methods is unreservedly recommended for the diagnosis of numerical processing and calculation problems. The suitability of a test procedure depends strongly on the intentions of the test manager and the underlying questions.

**Key words:** acalculia, number processing disorder, calculation impairment, assessment, systematic review

# 1 Einleitung

## 1.1 Forschungsidee

Fast jeder praktisch tätige Logopäde<sup>1</sup> tritt mehrmals pro Woche mit Patienten mit Aphasie in Kontakt, die unabhängig von ihrer unterschiedlichen Persönlichkeit auch eine verschiedene Symptomatik hinsichtlich ihrer Sprachstörung und Begleiterscheinungen zeigen. Als zusätzliche Störung treten dabei Zahlenverarbeitungs- und Rechenprobleme – genannt Akalkulie – auf.

Für viele Logopäden mag dieses Störungsbild nicht im Mittelpunkt einer Aphasietherapie stehen, weil bei den meisten Patienten die Behandlung der Sprachstörung im Vordergrund steht. Ein weiterer Grund ist auch, dass die Untersuchung und Behandlung der Akalkulie vor allem im Rahmen einer beruflichen Rehabilitation meist in den Kompetenzbereich der Neuropsychologie fällt (vgl. Lauer 2011: 4). Trotz eines häufigen Zusammenhangs zwischen Aphasie und Akalkulie besteht in der ambulanten Versorgung zum jetzigen Zeitpunkt vermehrt kein für eine Akalkulie notwendiges Therapieangebot, sodass die Notwendigkeit besteht, Übungen zur Verarbeitung von Zahlen und zum Rechnen in die logopädische Behandlung einzubeziehen (vgl. ebd.: 4).

In Deutschland leben etwa 100.000 Menschen mit einer Aphasie und jedes Jahr erkranken zusätzlich ca. 25.000 neu an dieser Krankheit (vgl. Wiehage & Heide 2012: 1). Gesicherte Daten über die Häufigkeit von Akalkulien existieren hingegen nicht. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass ein Großteil der Aphasiepatienten zumindest initial nach einem Schlaganfall unter mehr oder weniger ausgeprägten Symptomen einer Zahlenverarbeitungsstörung leidet und somit Anzeichen einer Akalkulie gegeben sind (vgl. Girelli & Seron, 2001: 696). Aufgrund des demografischen Wandels kommt es in den nächsten Jahren vermutlich zu einem signifikanten Anstieg an Schlaganfallpatienten, da besonders ältere Menschen einem erhöhten Risiko unterliegen (vgl. Foerch, Misselwitz, Sitzler, Steinmetz & Neumann-Haeflin 2008). Da zusätzlich die Sterberate in Deutschland aufgrund der guten Sekundärprävention und medizinischen Versorgung sinkt (vgl. Rommelfanger 2014), ist davon auszugehen, dass es in Zukunft immer mehr Aphasiepatienten und somit möglicherweise auch mehr Menschen mit Störungen hinsichtlich der Zahlenverarbeitung geben wird. In den nächsten Jahren werden außerdem immer mehr jüngere Menschen einen Schlaganfall erleiden (vgl. ebd.). Gründe hierfür sind Hypertonie, Rauchen, Alkohol und Bewegungsmangel und dieser Trend wird weiter bestehen bleiben, falls keine effektiven

---

<sup>1</sup> In dieser Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit die maskuline Form verwendet. Selbstverständlich werden dennoch weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten in die Aussagen miteingeschlossen.

Präventionsstrategien umgesetzt werden (vgl. ebd.). Aus diesen Erkenntnissen wird deutlich, dass die Behandlung von neurologischen Störungen infolge von Schlaganfällen, welche u.a. Aphasie und Akalkulie umfassen, weiterhin einen Stellenwert in der logopädischen Arbeit darstellt und vermutlich noch an Bedeutung zunehmen wird. Besonders die Therapie der Akalkulien könnte im Hinblick darauf, dass vermehrt jüngere Menschen einen Schlaganfall erleiden, zu einem Schwerpunkt werden. Bei größtmöglicher Heilung wird es für diese Personen von hoher Bedeutung sein, wieder in das Berufsleben zurückzukehren, welches in den allermeisten Fällen eine Auseinandersetzung mit Zahlen und Rechenoperationen verlangt.

Doch Zahlen spielen nicht nur bei der Berufsausübung eine wichtige Rolle, sondern auch im alltäglichen Leben sind Menschen immer wieder mit numerischen Informationen konfrontiert (vgl. Mueller & Moeller 2017: 19). Diese begegnen ihnen beispielweise beim Einkaufen als Preise sowie als Uhrzeiten, Telefonnummern, Geschwindigkeiten und in sehr vielen weiteren alltäglichen Bereichen (vgl. Landerl, Vogel & Kaufmann 2017: 16).

Trotz einer steigenden Anzahl an Aphasiepatienten besteht weiterhin viel Forschungsbedarf auf dem Gebiet der Akalkulie, der sich auch auf die Formulierung einer möglichen Leitlinie bezieht. Diese liegt aktuell nur zum Thema *Diagnostik und Behandlung der Rechenstörung* vor und vernachlässigt den Bereich der erworbenen Akalkulie fast gänzlich (vgl. Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendpsychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie e.V., 2018). Eine solche Leitlinie würde eine gute Basis für die Diagnostik und Intervention bei Zahlenverarbeitungs- und Rechenstörungen bilden und den zuständigen Therapeuten ein sicheres Umgehen mit dem Störungsbild ermöglichen. Wichtig ist in diesem Zusammenhang auch, dass jeder Sprachtherapeut gegenüber den Krankenkassen dazu verpflichtet ist, die Therapieergebnisse und deren Qualität nachzuweisen (vgl. VDEK 2017: 7), was jedoch nur durch geeignete Messverfahren gewährleistet werden kann.

In der gesamten Literatur wird insgesamt versucht, die Zusammenhänge zwischen Symptomatik, Anatomie und Pathophysiologie aufzuarbeiten und detailliert zu beschreiben. Die Bereiche Diagnostik und Behandlung zeigen sich hier jedoch meist lückenhaft und wenig hilfreich für die therapeutische Arbeit. Einige Autoren geben Hinweise auf mögliche Diagnostikverfahren, welche allerdings häufig wenig spezifisch sind und lediglich aus Untertests verschiedener Intelligenztests bestehen (Willmes & Klein, 2014: 143).

Vor diesem Hintergrund scheint es sinnvoll und notwendig, einen Überblick über die bestehenden Diagnostikverfahren zur Akalkulie zu geben und sie hinsichtlich ihrer fachlichen Grundlagen zu untersuchen und zu vergleichen. So könnte ein fundiertes Wissen dazu beitragen, Sprachtherapeuten anzuregen, sich vermehrt mit dem Thema Akalkulie auseinanderzusetzen und diese zu behandeln.

## 1.2 Ziele und Fragestellungen

Für diese Arbeit ergeben sich unter Berücksichtigung der in Kapitel 1.1 dargestellten Problembeschreibung folgende Ziele:

Es soll eine systematische Übersichtsarbeit über die im deutschsprachigen Raum verfügbaren Diagnostikverfahren zur Akalkulie erstellt werden, in der die Verfahren miteinander verglichen und hinsichtlich zuvor aufgestellter Kriterien bewertet werden. Diese Übersicht soll insbesondere Sprachtherapeuten und weiteren Behandelnden von Akalkulien anderer Fachdisziplinen dabei helfen, mit einem geringen Zeitaufwand das am besten geeignete Diagnostikinstrument für einen Patienten zu finden.

Aus dem oben dargestellten Ziel der Bachelorarbeit leitet sich folgende Fragestellung ab:

Welche Diagnostikverfahren zu Störungen der Zahlenverarbeitung und Rechenfähigkeit (Akalkulie) als Folge einer Hirnschädigung erscheinen im Hinblick auf ausgewählte Kriterien geeignet für den praktischen Einsatz in der Sprachtherapie?

Die gerade genannte Hauptforschungsfrage soll mit Hilfe der folgenden vier Unterfragen detaillierter beantwortet werden:

1. Welche Diagnostikverfahren sind derzeit im Bereich der Sprachtherapie, der Neuropsychologie und der Ergotherapie im Hinblick auf Akalkulien nach einer Hirnschädigung verfügbar?
2. Wie können die Diagnostikverfahren zur Akalkulie nach einer Hirnschädigung im Hinblick auf ihre theoretische Fundierung eingeordnet werden?
3. Inwiefern erlauben die verfügbaren Diagnostikverfahren eine Klassifizierung von Akalkulien hinsichtlich ihrer Symptome?
4. Wie können die Diagnostikverfahren im Hinblick auf Testgütekriterien und Praxiskriterien/Praktikabilität bewertet werden?

## 1.3 Aufbau und Vorgehensweise der Arbeit

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine systematische Übersichtsarbeit. In klassischen systematischen Reviews, wie auch Timmer & Richter (vgl. 2008: 138) erklären, werden Studien hinsichtlich ihrer Evidenz untersucht, verglichen und anschließend so aufbereitet, dass sie dem Nutzer Suche, Bewertung und Zusammenfassung der Evidenz abnehmen (vgl. 2008a: 137 f.). In der Medizin werden systematische Übersichtsarbeiten vor

allem im Bereich von Therapie und Prävention erarbeitet, sie sind jedoch auch für Fragen der Ätiologie, Diagnostik und Prognose möglich (vgl. ebd.: 138).

Da der Bereich der Akalkulie bisher gering erforscht ist und vor allem nur wenig Diagnostikverfahren vorliegen (Willmes & Klein 2014: 143), soll diese Arbeit einen Überblick über theoretische Hintergründe und vorhandene Verfahren liefern. Dabei wird orientierend am Vorgehen und der Qualitätsmerkmale einer systematischen Übersichtsarbeit vorgegangen. Im Anschluss werden die Ergebnisse zusammengefasst. Das genaue methodische Vorgehen mit den nötigen Abwandlungen wird im Anschluss an den theoretischen Hintergrund aufgezeigt. Dieser beleuchtet beispielsweise die Modelle, die als Grundlage für die Diagnostikverfahren dienen, sowie die Symptomatik der Akalkulie und die Gründe ihrer Behandlung.

Im Anschluss erfolgt im Ergebnisteil der Überblick über die Diagnostikverfahren sowie eine Bewertung dieser durch vorher aufgestellte Kriterien und stellt daher die Beantwortung der Forschungsfragen dar. In der Diskussion sollen eine abschließende Einschätzung und Beurteilung der Tests sowie eine Empfehlung des am meisten geeigneten Verfahren ausgesprochen werden.

## 2 Theoretischer Hintergrund

### 2.1 Definition und Begriffsabgrenzung

Als Akalkulie bezeichnet man Störungen im Umgang mit Zahlen, die infolge einer erworbenen Hirnschädigung, vorwiegend in der linken Hemisphäre, auftreten (vgl. Ardila & Rosselli, 2002: 180), wobei der Begriff zum ersten Mal von Henschen (vgl. 1919: 289) genannt wurde. Bereits seit Berger (vgl. 1926: 241 f.) findet eine Aufteilung in *primäre Akalkulie* und *sekundäre Akalkulie* statt. Während sich die *primäre Akalkulie* unabhängig von anderen zerebralen Störungen entwickelt, wird eine *sekundäre Akalkulie* durch eine Störung oder den Ausfall anderer zerebraler Leistungen verursacht (vgl. ebd.: 241 f.).

Eine weitere Klassifizierung ist ebenfalls von Bedeutung und wurde durch Hécaen u.a. (1961, zit. nach Willmes 2006: 451) vorgenommen. Sie differenzieren demnach *Alexie und Agraphie für Ziffern und Zahlen* bei temporoparietalen Läsionen der linken Hemisphäre, *räumliche Akalkulien*, bei denen die räumliche Organisation in geschriebenen Aufgaben gestört ist, sowie ein *Neglect für Ziffern* am linken oder rechten Ende durch rechtsparietale Läsionen und darüber hinaus die *Anarithméthie* als eigentliche Störung in der Ausführung von Rechenoperationen bei rechts- linkshemisphärischen Schädigungen (vgl. ebd.). Boller und Grafmann (1985, zit. nach ebd.) teilen die Akalkulie außerdem auf in

- ❖ Probleme beim Erinnern oder Abrufen von mathematischem Faktenwissen

- ❖ Probleme beim mathematischen Denken sowie dem Verständnis der Konzepte für die mathematischen Rechenoperationen.

Akalkulien werden nicht wie die Aphasie in Syndrome unterteilt (vgl. Wehmeyer & Grötzbach 2014: 51). Durch die verschiedenen klinischen Klassifikationen könne jedoch Störungsschwerpunkte unterschieden werden (vgl. ebd.: 51).

Die Akalkulie als erworbene Form der Rechenstörung kann außerdem von der entwicklungsbedingten Dyskalkulie, die vor allem bei Kindern und Jugendlichen auftritt, abgegrenzt werden (vgl. Butterworth 2005: 4). Sie zeigt sich als spezifische Teilleistungsschwäche im Rechnen, während die sonstigen intellektuellen Fähigkeiten im Normalbereich liegen (vgl. Kaufmann & Aster 2012: 767).

Einige Autoren, vorwiegend im englischen Sprachraum, benutzen weiterhin auch die Bezeichnung ‚dyscalculia‘ und grenzen sie ab, indem sie sie als erworben („acquired dyscalculia“) bezeichnen (vgl. Ardila & Rosselli, 2002: 179).

Im folgenden Kapitel soll genauer betrachtet werden, wie sich die Akalkulien hinsichtlich ihrer Symptomatik einordnen lassen.

## 2.2 Symptomatik der Akalkulien

Willmes-von Hinckeldey (vgl. 2006: 85-88) gliedert die Symptome der Akalkulie zunächst in:

- ❖ Störungen des Transkodierens
- ❖ Störungen der quantitativen Größenrepräsentation
- ❖ Störungen des Rechnens

Diese sollen in den folgenden Abschnitten genauer erklärt werden.

### 2.2.1 Störungen des Transkodierens

Im Gehirn können Zahlen als Abfolge von arabischen Ziffern (z. B. „1456“) oder als Zahlwörter („eintausendvierhundertsechsfünfzig“) gespeichert sein. Beim Lesen und Aussprechen von Zahlen müssen die Zahlwörter nach bestimmten syntaktisch-morphologischen Regeln zusammengesetzt werden. In der deutschen Sprache muss beispielsweise die sogenannte Inversion bei Zehner- und Einerstellen in mehrstelligen Zahlen angewendet werden (z. B. „34“= „vierunddreißig“, nicht „dreißig und vier“). Die Übertragung von arabischen Ziffern in Zahlwörter und umgekehrt, wird als *Transkodieren* bezeichnet. Auch beim Verstehen, Schreiben, Lesen und Aussprechen finden Transkodierungsprozesse statt. Vor allem Aphasiepatienten können durch die enge Verknüpfung der mentalen Repräsentation

von Sprache und Zahlen Probleme beim Transkodieren aufweisen. Als typische Fehler treten *lexikalische* und *syntaktische* Fehler auf.

Bei *lexikalischen* Fehlern tritt eine Vertauschung einzelner Elemente aus der gleichen lexikalischen Wortklasse (Einer: 0-9, „Teens“: 11-19, „Decades“: 10-90) auf. Die morphologisch-syntaktische Struktur des gesamten Zahlwortes bleibt dabei jedoch erhalten (z. B. „56“ wird zu „sechsendachtzig“). Syntaktische Fehler sind durch falsche Verknüpfungen auf syntaktischer Ebene charakterisiert, bei der die gewählten lexikalischen Elemente korrekt sind („79“ wird zu „siebenhundertneun“). Fehler bei der Inversion (s. o.) gehören ebenfalls zu den syntaktischen Fehlern.

Bei der umgekehrten Transkodierung, also beim Schreiben von arabischen Zahlen nach Diktat tritt ein weiterer Fehlertyp auf, bei dem das *additive Kompositionsprinzip* bei mehrstelligen Zahlen nicht angewendet wird und die *Überschreibungsregeln* für die Nullen nicht beachtet werden („zweitausendeinhundertdreiundzwanzig“= „200010023“) (vgl. ebd.: 85 f.).

### 2.2.2 Störungen der quantitativen Größenrepräsentation

Patienten mit Problemen bei der mentalen Verarbeitung der abstrakten numerischen Größe können beispielsweise Zahlen nicht in die richtige Wertigkeitsreihenfolge bringen. Im Alltag zeigt sich diese Störung z. B. darin, dass ein überschlagsmäßiges Rechnen nicht möglich ist und numerische Schätzaufgaben (Größe, Gewicht, Zeitdauer, Anzahl, Preise etc.) nicht korrekt ausgeführt werden können (vgl. ebd.: 87).

### 2.2.3 Störungen des Rechnens

Warrington (vgl. 1982: 45) differenziert die Rechenstörungen in *Störungen des arithmetischen Faktenabrufs* und *Beeinträchtigungen der Fähigkeit, Rechenoperationen durchzuführen*. Domahs und Delazer (vgl. 2005: 98) geben einen Überblick darüber, dass diese Störungen aufgrund ihrer Modularität unabhängig voneinander stöbar sind.

Störungen des Abrufs von arithmetischen Fakten umfassen Fehler beim einfachen Addieren und Subtrahieren (Zahlen unter 20), sowie beim einfachen Multiplizieren und Dividieren (Kleines Einmaleins). Bei gesunden Erwachsenen werden derartige Aufgaben nicht schrittweise, sondern durch im Langzeitgedächtnis gespeicherte Ergebnisse gelöst. Probleme des Faktenabrufs zeigen sich nicht nur als fehlerhafte Ergebnisse, sondern auch durch eine erhöhte Lösungsdauer (vgl. Warrington 1982: 46).

Laut Willmes & Klein (vgl. 2014: 142) kann die Fähigkeit, Rechenoperationen durchzuführen, sowohl komplett als auch selektiv für die einzelnen Grundrechenarten gestört sein. Die Durchführung von Multiplikationen ist am häufigsten beeinträchtigt, da einzelne Rechenschritte direkt aus dem Gedächtnis abgerufen werden müssen (vgl. Willmes 2006: 454). Allgemein werden beim Ausführen komplexer Rechenoperationen bestimmte Strategien

angewendet, die Rechnungen vereinfachen sollen, sodass sie schneller gelöst werden können. Bei einer Akalkulie sind die Strategien nicht mehr vorhanden oder eingeschränkt. Vor allem Patienten mit Einschränkungen im Arbeitsgedächtnis haben bei komplexen Rechnungen Schwierigkeiten, weil Zwischenergebnisse nicht behalten und weiterverarbeitet werden können. Bei der schriftlichen Durchführung von Rechnungen kann es außerdem zu Fehlern bei der Anordnung der Zahlen kommen, sowie zum generellen Verwechseln der Rechenzeichen (vgl. ebd.: 454 f.).

## 2.3 Einordnung in die ICF

Die soeben beschriebene Symptomatik der Akalkulien soll im Folgenden anhand der Komponenten des ICF-Modells (International Classification of Functioning, Disability and Health, DIMDI 2005) übersichtsweise dargestellt werden. Bei dem ICF-Modell (vgl. Abb. 1) handelt es sich um ein von der WHO (World Health Organisation) entwickeltes Klassifikationssystem, mit dem die Berufsgruppen des Gesundheitswesens die bio-psycho-sozialen Folgen einer Krankheit beschreiben können (vgl. DIMDI 2005: 9). So können nicht nur die gestörte Zahlenverarbeitung- und Rechenfähigkeit, sondern auch die dadurch entstandenen Auswirkungen auf die Alltagsaktivitäten und die soziale Teilhabe beschrieben werden (vgl. Schneider et al. 2014: 22). Die folgende Einordnung der Akalkulie orientiert sich an der Darstellung zu den wesentlichen Codes der Akalkulie von Lauer (vgl. 2011: 12f).

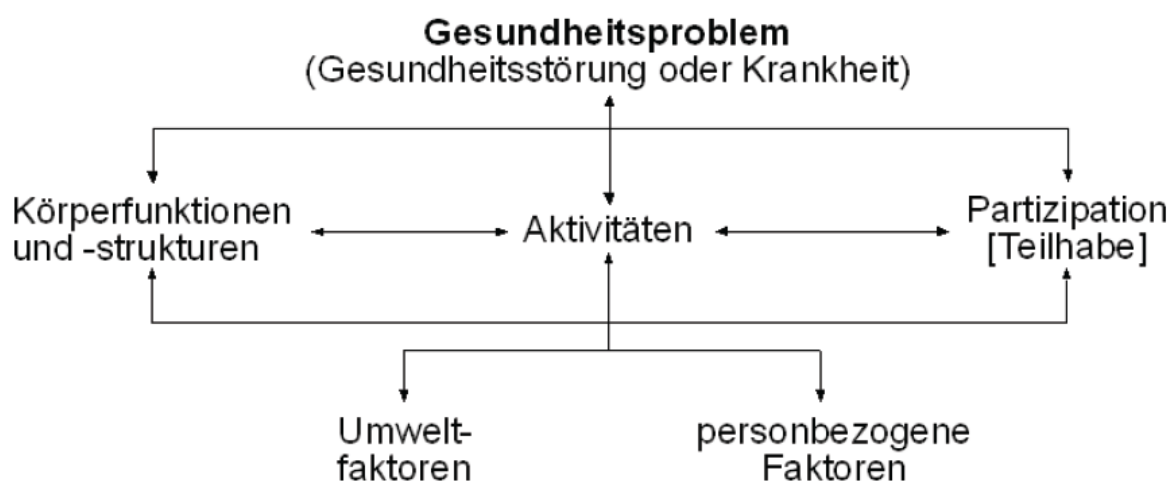


Abbildung 1: ICF-Modell

Quelle: DIMDI 2005: 23

- Gesundheitsproblem:
  - o Akalkulie
- Körperfunktionen
  - o Das einfache und komplexe Rechnen betreffende Funktionen
  - o Begleitstörungen: Sprachlich-kommunikative Beeinträchtigungen (durch Aphasie), Störungen kognitiver Funktionen (Aufmerksamkeit, Gedächtnis)



- Körperstrukturen
  - o Z. B. Schlaganfall, Schädel-Hirn-Trauma
- Aktivitäten
  - o Einschränkungen in der Ausführung verschiedener Handlungen z. B. Rechnen, Kochen, Bus fahren
- Partizipation (Teilhabe)
  - o Beeinträchtigungen der Teilhabe am alltäglichen Leben z. B. bei Verabredungen, Freizeitaktivitäten, berufliche Karriere
- Umweltfaktoren
  - o Unterstützende/hemmende Faktoren von außen z. B. Therapieangebote, soziale Netzwerke
- Personbezogene Faktoren
  - o Persönliche Merkmale/Eigenschaften z. B. Alter, Geschlecht, Charakterzüge, Selbstbild, Emotionen

## 2.4 Diagnostik der Akalkulie

Bisher stehen insgesamt nur sehr wenige spezielle Untersuchungsverfahren zur Akalkulie zur Verfügung (vgl. Willmes 2014: 143). In üblichen Intelligenztests sind häufig Untertests mit Rechenanforderungen enthalten, die jedoch genauso wie Schulleistungstests in verschiedenen Altersstufen lediglich im Kinder- und Jugendbereich eine Zahlenverarbeitungs- und/oder Rechenstörung diagnostizieren können (vgl. ebd.: 143). Ziel des diagnostischen Prozesses bei Dyskalkulien im Kindesalter ist die Feststellung des Ist-Zustandes, um daraus geeignete Interventionsmaßnahmen abzuleiten und eine prognostische Einschätzung über die weitere Entwicklung abgeben zu können (vgl. Landerl et al. 2017: 154).

Eine Übertragung der typischen Erwachsenenmodelle wie dem Triple-Code Modell (Dehaene 1992) ist jedoch laut nicht Karmiloff-Smith (vgl. 1997: 513) automatisch dazu geeignet, Entwicklungsstörungen wie eine Dyskalkulie zu erklären oder zu beschreiben. Laut Ansari (vgl. 2010: 123) müssten in diesem Fall die folgenden drei Voraussetzungen erfüllt sein: Erstens dürften sich Stärken- und Schwächenprofile im Laufe der Entwicklungszeit nicht verändern, zweitens müssten bei Kindern und Erwachsenen dieselben neuronalen Strukturen denselben Funktionen zugeordnet werden können und drittens müsste ähnliches Leistungsverhalten durch äquivalente neurokognitive Mechanismen zu erklären sein. Ansari selbst konnte diese Voraussetzungen zumindest teilweise widerlegen, da sie nicht auf alle kognitiven Aspekte der Zahlenverarbeitung zu beziehen sind (vgl. ebd.: 126 ff.). So kommt es bei Erwachsenen nach einem Schlaganfall häufig zu Dissoziationen zwischen der Verarbeitung von Zahlwörtern und arabischen Zahlen, was jedoch bisher noch nie für

Kinder berichtet werden konnte (vgl. Krinzinger 2011, zit. nach Krinzinger & Günther 2019: 196). Vielmehr scheint die Entwicklung dieser beiden Funktionen bei Kindern sehr stark miteinander verbunden zu sein, was auf ein amodales Verständnis der Zahlenverarbeitung zurückzuführen ist und somit nicht auf das Triple-Code-Modell bezogen werden kann (vgl. ebd.: 196). Trotz der offenbar unterschiedlichen Verarbeitung von Zahlen bei Erwachsenen und Kindern wurde *die neuropsychologische Testbatterie für Zahlenverarbeitung und Rechnen bei Kindern (ZAREKI-R, von Aster, Weinhold Zulauf & Horn 2009)* auf Basis der für Erwachsene entwickelten Akalkulietestbatterie EC 301 R entwickelt, wobei einige Subtests unverändert übernommen und andere für Kinder adaptiert wurden (vgl. Jacobs & Petermann 2012: 81).

Im Erwachsenenbereich hat die Prüfung der Rechenfähigkeit, die immer auch die Verwendung von numerischen Konzepten impliziert, laut Ardila und Rosselli (vgl. 2003: 215) bei hirngeschädigten Personen vier Hauptziele:

1. Ungewöhnliche Schwierigkeiten beim Rechnen herausfinden und möglicherweise Akalkuliediagnose stellen
2. Spezifische Muster der Schwierigkeiten unterscheiden, die der Patient zeigt
3. Assoziierte Defizite herausfinden, da Akalkulie meist mit verschiedenen kognitiven Störungen einhergeht
4. Fehlerarten beschreiben, die beobachtet wurden um daraus Rehabilitationsmaßnahmen ableiten zu können

Ardila und Rosselli geben an dieser Stelle auch einen Überblick, welche Inhalte ein Diagnostikverfahren zur Testung der Zahlenverarbeitung und des Rechnens beinhalten sollte. Die einzelnen Aufgabenbereiche und ihre untergeordneten Aufgaben werden in Abbildung 2 dargestellt:

<b>1. Zählen</b>	<b>10. Aufeinander aufbauende Rechenoperationen</b>
1.1 Objekte zählen	10.1 Addition
1.2 Vorwärts zählen	10.2 Subtraktion
1.3 Rückwärts zählen	<b>11. Kopfrechnen</b>
<b>2. Kardinalitätsschätzung</b>	11.1 Addition
2.1 Arabische Ziffern	11.2 Subtraktion
2.2 Zahlwörter	11.3 Multiplikation
<b>3. Zahlen lesen</b>	11.4 Division
3.1 Arabische Ziffern	<b>12. Schriftliches Rechnen</b>
3.2 Römische Zahlen	12.1 Addition
<b>4. Zahlen schreiben</b>	12.2 Subtraktion
<b>5. Transkodieren</b>	12.3 Multiplikation
5.1 Arabische Ziffern	12.4 Division
5.2 Zahlwörter	<b>13. Spaltenweises Anordnen von Zahlen</b>
<b>6. Lesen und Schreiben von Rechenzeichen</b>	<b>14. Rechnen mit anderer numerischer Basis</b>
6.1 Lesen	<b>15. Bruchrechnen</b>
6.2 Schreiben	15.1 Brüche vergleichen
<b>7. Numerisches Auswendiglernen</b>	15.2 Mit Brüchen rechnen
7.1 Multiplikationstabellen	<b>16. Ziffern wiederholen</b>
7.2 Addieren	<b>17. Generelles numerisches Wissen</b>
7.3 Subtrahieren	<b>18. Persönliches numerisches Wissen</b>
<b>8. Rechenaufgaben vervollständigen</b>	<b>19. Mengenschätzung</b>
8.1 Zahlen	<b>20. Zeitschätzung</b>
8.2 Rechenzeichen	<b>21. Größenschätzung</b>
<b>9. Magnitudenvergleich</b>	<b>22. Numerische Probleme</b>
	<b>23. Umgang mit Geld</b>

Abbildung 2: Empfohlene Aufgabenbereiche

Quelle: Eigene Darstellung nach Ardila &amp; Rosselli 2003: 220

## 2.5 Rolle der Sprachtherapie bei Akalkulien

In der Sprachtherapie tritt die Behandlung der Akalkulie häufig hinter der Therapie sprachlicher Einschränkungen zurück (vgl. Schneider, Wehmeyer & Grötzbach 2014: 228). Mögliche Gründe dafür sind, dass sprachliche Einschränkungen im Alltag bedeutender und offensichtlicher sind, als Probleme in der Zahlenverarbeitung und Rechenfähigkeit und dass sich Schwierigkeiten im Umgang mit Zahlen außerdem einfacher, beispielsweise von Familienmitgliedern, kompensieren lassen (vgl. ebd.: 228). Des Weiteren bemerken Schneider et al. (vgl. ebd.: 228), dass viele Patienten oder Angehörige in der Sprachtherapie die Schwierigkeiten im Umgang mit Zahlen und Rechnungen nicht ansprechen, da sie über die Zuständigkeit der Therapeuten nicht Bescheid wissen.

Da eine Aphasie häufig von einer Akalkulie begleitet wird und die Beschreibung der Zahlenstruktur mit einer ähnlichen Terminologie beschrieben wird, sollten sich auch Sprachtherapeuten mit der Behandlung von Akalkulien auskennen (vgl. ebd.: 228 f.). Da aber auch neuropsychologische Auffälligkeiten wie Neglect oder Gedächtnisstörungen einen Einfluss auf die Zahlenverarbeitung haben können, behandeln auch Neuropsychologen eine Akalkulie (vgl. ebd.: 229) und sind vor allem für die berufliche Rehabilitation für Patienten mit Akalkulien der wichtigste Ansprechpartner (vgl. Lauer 2011: 5). Da jedoch gerade

in der ambulanten Versorgung kein spezifisches neurologisches Therapieangebot besteht, sollte der Umgang mit Zahlen und Rechnungen in der Logopädie bzw. Sprachtherapie beinhaltet sein (vgl. ebd.: 5). Wichtig zu beachten ist jedoch in jedem Fall, wie sinnvoll die Therapie und damit auch die Diagnostik der Zahlenverarbeitung und des Rechnens im Falle einer Aphasie ist (vgl. Hüttemann 1998: 3 f.). Hüttemann empfiehlt daher eine dialogische Aushandlung zwischen Therapeuten und Patient, um die Wichtigkeit der Therapie abzuklären und die Bereitschaft des Patienten zur Wahrnehmung der Therapie zu gewährleisten (vgl. ebd.: 4). Vor allem bei schwer betroffenen aphasischen Patienten muss die Zustimmung des Patienten oder dessen Angehörigen zu einer Akalkulie-Therapie eingeholt werden (vgl. ebd.: 4). Welche Inhalte in diesem Fall in die Therapie einbezogen werden, ergibt sich häufig schon aus bestehenden Problemlagen, wenn z. B. ein Patient ständig therapeutische Termine versäumt, weil er die Uhrzeit falsch einschätzt (vgl. ebd.: 4 f.).

## 2.6 Modelle der mentalen Zahlenverarbeitung

Die Zahlenverarbeitung und das Rechnen sind erst seit den 1980er Jahren ein wirklich beachteter Teil der Neuropsychologie (Kalbe, Brand & Kessler 2002: 7). Seit dieser Zeit entstanden differenzierte Einzelfall- und Gruppenstudien von gesunden Probanden und neurologischen Patienten und führten so zur Erarbeitung verschiedener Modelle, die die mentalen Verarbeitungsprozesse dieser Domäne erklären und die neuroanatomischen Grundlagen verständlicher machen (vgl. Landerl et al. 2017: 25). Es soll zunächst ein Modell vorgestellt werden, welches die makrostrukturelle Organisation des numerischen Konzeptes beschreibt (vgl. Hüttemann 1998: 6). Daraufgehend werden chronologisch nach ihrem Veröffentlichungsdatum drei verschiedene Modelle, die die mentale Zahlenverarbeitung erklären, dargestellt, die ebenfalls als Grundlage vieler Diagnostikverfahren dienen.

### 2.6.1 Numerisches System (Noel & Seron 1993)

Noel und Seron beschreiben in ihrem Modell den makrostrukturellen Aufbau des Systems der Zahlenverarbeitung (vgl. Hüttemann 1998: 6). Sie teilen dieses zunächst auf in die voneinander unabhängigen Mechanismen ‚Numerisches Konzept‘ und ‚Numerische Operation/Arithmetik‘ (vgl. Noel & Seron 1993: 318). Beide Konzepte bestehen laut den Autoren aus den beiden Hauptkomponenten *Zahlenverständnis* und *Zahlenproduktion*, die jeweils weitere simultane Verzweigungen aufweisen (vgl. ebd.: 318 f.). Beide Hauptkomponenten werden nochmals aufgeteilt in eine *arabische* und eine *verbale Komponente*, die jeweils weiter verzweigt sind in die *lexikalische* und die *syntaktische Komponente* (vgl. ebd.: 318). Auf der untersten Ebene des Modells sind diese aufgeteilt in eine phonologische und eine graphematische Komponente (vgl. ebd.: 318). Im konkreten diagnostischen Fall soll das Modell

als Leitschiene dienen, die einzelnen numerischen Komponenten zu überprüfen (vgl. ebd.: 319).

### **2.6.2 Kognitiv neuropsychologisches Modell (McCloskey, Caramazza & Basili 1985)**

Im kognitiv neuropsychologischen Modell unterscheiden die Autoren primär zwischen einem System für die Verarbeitung von Zahlen und einem System für das Rechnen (vgl. McCloskey 1985: 172). Mit dem Rechensystem können Rechenoperationen durchgeführt und mathematische Zeichen verstanden werden (vgl. Jacobs & Petermann 2012: 17). Das Zahlenverarbeitungssystem wird ferner aufgeteilt in funktional unabhängige Zahlenverständnis- und Zahlenproduktionsmodule (Input- und Outputsystem, vgl. Landerl et al. 2017: 25, Jacobs & Petermann 2012: 17). Beide werden nochmals in eine arabische und eine verbale Form (Zahlwörter) differenziert, die wiederum jeweils in eine lexikalische bzw. syntaktische Komponente aufgeteilt sind (vgl. Jacobs & Petermann 2012: 18).

Vom Zahlenverständnismodul werden eingehende Zahlinformationen in eine semantische Repräsentation übertragen, die von den Autoren des Modells als ‚abstrakte, internale Repräsentation‘ bezeichnet werden (McCloskey et al. 1985: 173). Die Autoren erklären außerdem, dass es eine einzige semantische Repräsentation von Zahlen gibt, in die jeder Input überführt werden muss und welche ihrerseits das Outputsystem (also die Produktion) aktiviert (vgl. ebd.: 174). Darüber hinaus vermuten die Autoren weitere spezifische kognitive Prozesse für das Rechnen, insbesondere für das Verstehen von Rechenzeichen und den entsprechenden Wörtern (vgl. ebd.: 176). Das Modell kann als Single-Route-Modell bezeichnet werden, da angenommen wird, dass es nur einen Verarbeitungsweg vom Input zum Output über die semantische Repräsentation gibt (vgl. Jacobs & Petermann 2012: 19).

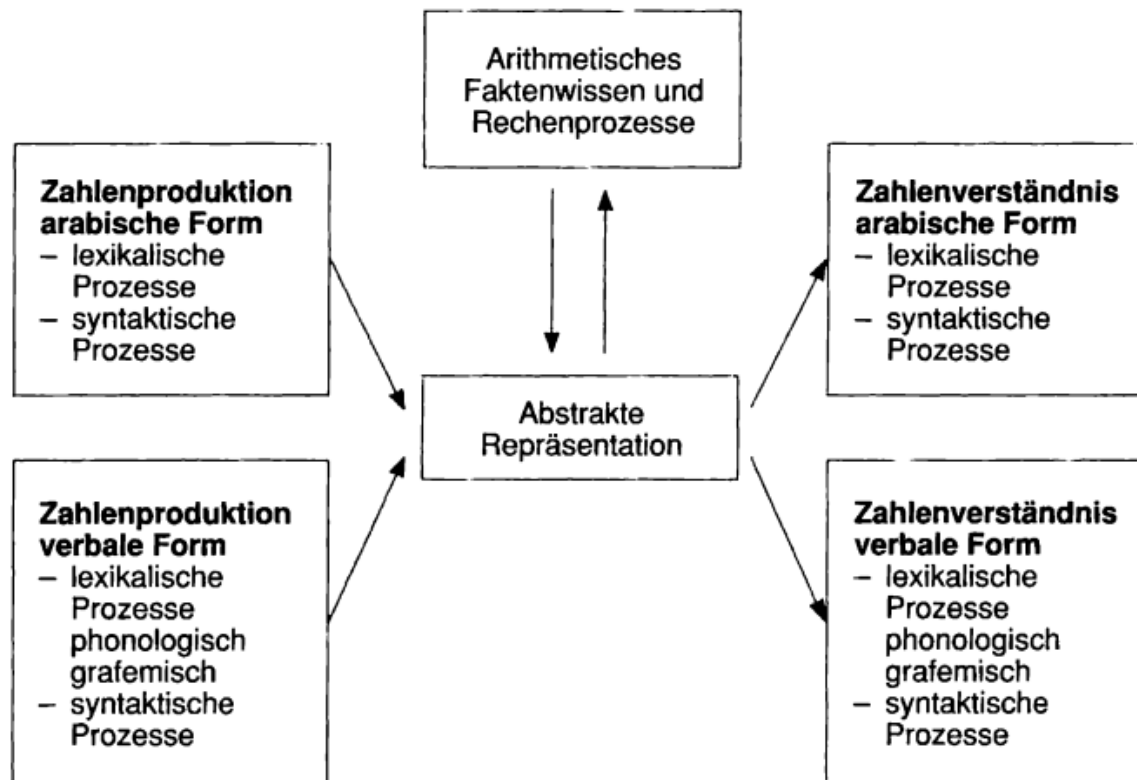


Abbildung 3: Kognitiv neuropsychologisches Modell (McCloskey et al. 1985) Quelle: Jacobs & Petermann 2012: 18

### 2.6.3 ‚Triple-Code‘-Modell (Dehaene 1992)

Das ‚Triple-Code‘-Modell enthält wie das Modell von McCloskey et al. verschiedene Komponenten für unterschiedliche Repräsentationsformen von Mengen und Zahlen, die hier als ‚Codes‘ bezeichnet werden (vgl. Landerl et al. 2017: 26). Es werden drei unterschiedliche Arten der mentalen Repräsentation von Zahlen angenommen. Zunächst gibt es einen *auditiv-verbalen Code*, der gehörte und gelesene Zahlwörter verarbeitet und durch den gesprochene und geschriebene Zahlwörter geäußert werden (vgl. Dehaene 1992: 30). Er enthält präphonologische Wortformen und wird auch beim Abruf des arithmetischen Faktenwissens und beim fortlaufenden Zählen aktiviert (vgl. Claros Salinas, Nuerk & Willmes 2009: 631). Der *visuell-arabische Code* verarbeitet hingegen arabische Zahlen. Auf diesen Code wird bei Rechenaufgaben mit mehrstelligen Zahlen zurückgegriffen (vgl. ebd.). Der *analoge Größencode* ist an allen Zahlenverarbeitungs- und Rechenprozessen beteiligt, die auf Numerosität und Mengen oder Zahlen zurückgreifen. Diese Komponente repräsentiert also die eigentliche Zahlensemantik bzw. das Wissen um die numerische Größe (Landerl et al. 2017: 26). Die numerische Größe einer Zahl wird auf einem mental visualisierbaren, analogen Zahlenstrahl dargestellt und wird aktiviert, wenn die Anzahl einer Menge schnell zu erfassen ist, Zahlen verglichen werden sollen oder die Richtigkeit von Rechnungen zu kontrollieren ist (vgl. Jacobs & Petermann 2012: 21). Immer wenn Zahlenverarbeitung bei

gesunden Erwachsenen stattfindet, interagieren diese drei Codes gemeinsam (vgl. Landerl et al. 2017: 26).

Dehaene begründet die Richtigkeit seines Modells mit drei Effekten, die sich bei mehreren neuropsychologischen Experimenten gezeigt haben (vgl. Dehaene 1992: 20). Der Distanzeffekt beschreibt, dass erwachsene Patienten Zahlen umso schneller hinsichtlich ihrer Größe einschätzen können, je weiter diese Zahlen auseinander liegen (vgl. ebd.: 20). Mit dem Größeneffekt meint Dehaene, dass zwei Zahlen bei gleicher Distanz schwerer verglichen werden können, je größer diese sind (vgl. ebd.: 21). Der SNARC-Effekt („Spatial Numerical Association of Response Codes“, Dehaene 1992: 21) beschreibt das Phänomen, dass Erwachsene bei visuell dargebotenen Zahlen, bei kleineren Zahlen schneller mit der linken Hand reagieren (Tastendruck) und bei größeren Zahlen mit der rechten Hand (vgl. ebd.: 21 f.). Dehaene vermutet, dass diesem Verhalten die Vorstellung eines inneren, in Schreibrichtung ausgerichteten Zahlenstrahls zu Grunde liegt. Kleine Zahlen werden daher mit der linken Raumseite, größer Zahlen mit der rechten verbunden (vgl. ebd.: 21 f.). Weder die Händigkeit des Probanden oder das Überkreuzen der Hände wirken sich auf diesen Effekt aus (vgl. ebd.: 22). Versuche zeigten ebenfalls, dass sich in Kulturen, in denen von rechts nach links geschrieben wird (wie etwa im Hebräischen), der umgekehrte Effekt zeigt (vgl. Jacobs & Petermann 2012: 24).

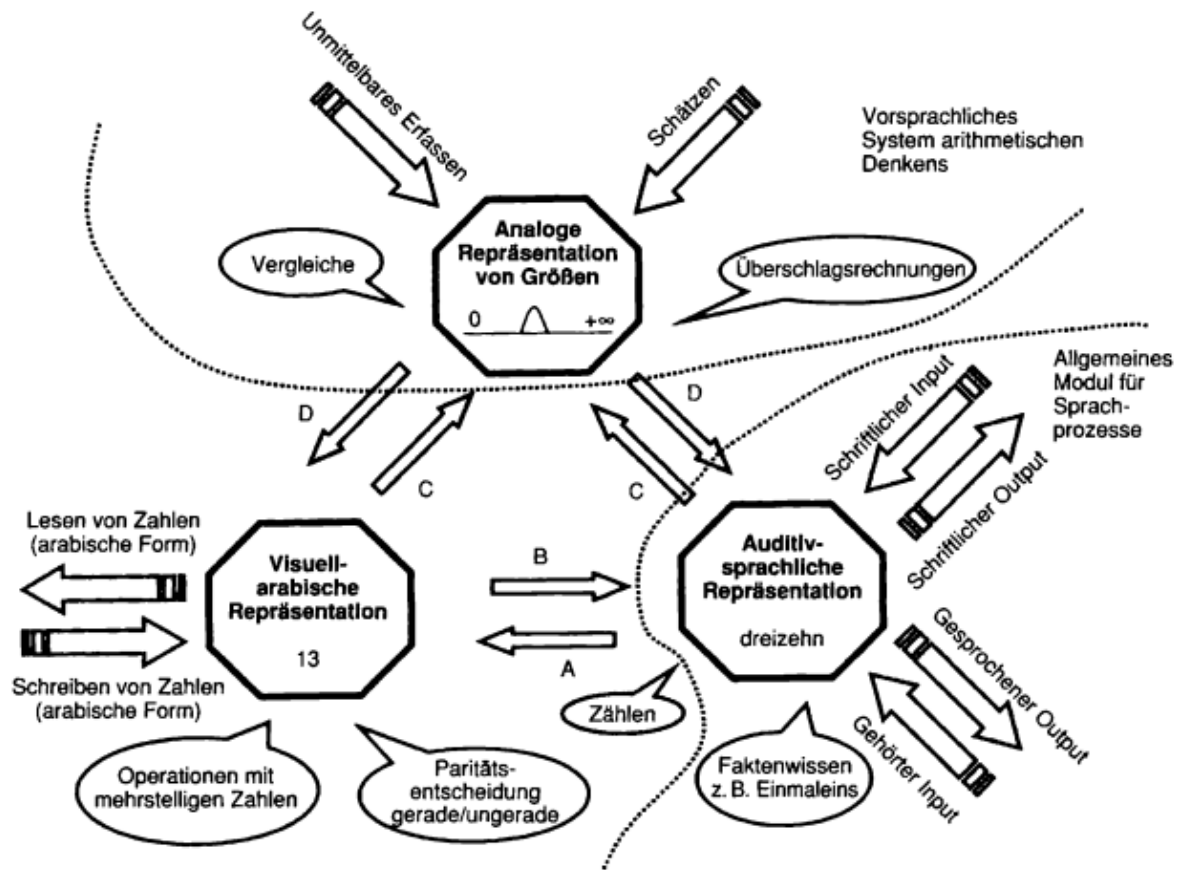


Abbildung 4: Triple-Code-Modell (Dehaene 1992)

Quelle: Jacobs &amp; Petermann 2012: 22

#### 2.6.4 Multi-Route-Modell (Cipolotti & Butterworth 1995)

Cipolotti und Butterworth (1995) nehmen statt eines Transkodierungsweges (Single Route) zwei Routen an, sodass es als Multi-Route-Modell bezeichnet werden kann (Jacobs & Petermann 2012: 20). Neben der semantischen Transkodierungsroute sieht es auch eine asemantische, also nicht bedeutungerschließende Route an und unterscheidet sich dadurch vom Modell von McCloskey et al. (1985, vgl. Kalbe et al. 2002: 8). Diese Annahme unterstützen auch Deloche und Seron (1987) in ihrem Asemantischen Modell. Je nach Aufgabenstellung wird einer der Transkodierungswege aktiviert, beide können sich dabei gegenseitig hemmen (vgl. Claros Salinas et al. 2009: 631). Der Zugriff auf die semantische Route wird beispielsweise bei Rechenaufgaben erforderlich, während die asemantische Route bei reinen Transkodierungsaufgaben genutzt wird (vgl. ebd.: 631). Rechenprozeduren werden ebenso wie arithmetisches Faktenwissen aus dem Rechensystem bezogen, welches unabhängig vom semantischen System arbeitet (vgl. Kalbe et al. 2002: 8).



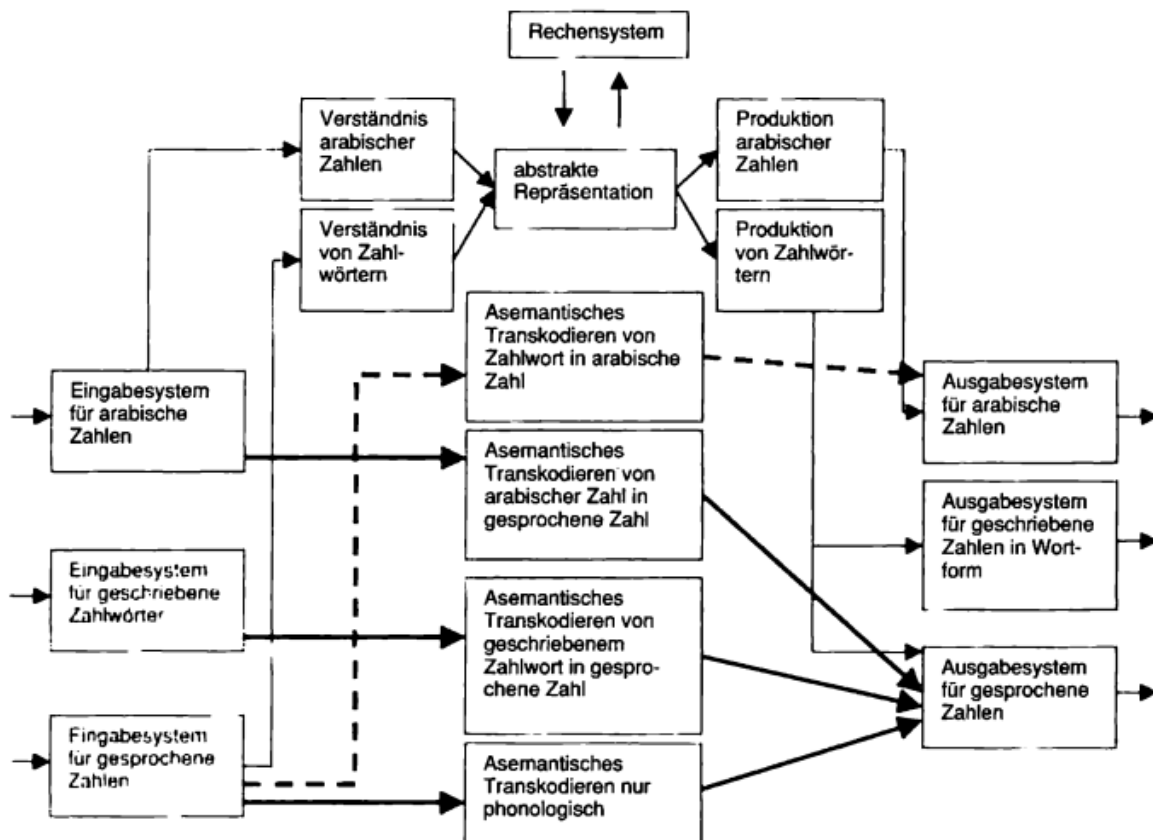


Abbildung 5: Multi-Route-Modell (Cipolotti &amp; Butterworth 1995)

Quelle: Jacobs &amp; Petermann 2012: 20

Die Modelle unterscheiden sich vor allem in der Beantwortung der Frage, ob das Transkodieren von Zahlen nur in Verbindung mit einer Bedeutung stattfinden kann. Man spricht in diesem Fall von semantischem Transkodieren, während asemantische Modelle davon ausgehen, dass das Transkodieren ohne das Verständnis für die numerische Bedeutung der Zahl stattfinden kann (vgl. Landerl et al.: 31). Als weiterer wichtiger Unterschied sollte herausgestellt werden, dass das Triple-Code-Modell keine separate Komponente für das Ausführen von Rechenoperationen enthält und die erforderlichen Leistungen beim arithmetischen Ausführen der Komponente zugeordnet werden, auf deren Repräsentationsform sie basieren (vgl. ebd.: 27). Eine Sonderstellung in den vorgestellten Modellen nimmt das Modell von Noel und Seron (1993) ein, welches den Aufbau des numerischen Konzepts sowie das Konzept über die numerische Operation/Arithmetik beschreibt und nicht versucht, die Zahlenverarbeitung an sich zu erklären (vgl. Hüttemann 1998: 6).

## 2.7 Neurobiologische Grundlagen der Zahlenverarbeitung

In diesem folgenden Kapitel soll beleuchtet werden, welche Hirnareale für welche Teilbereiche der Zahlenverarbeitung und des Rechnens verantwortlich gemacht werden. Für

diese moderne numerische Kognitionsforschung war zunächst die Einbettung des Triple-Code-Modells von hoher Bedeutung (vgl. Willmes 2012: 513 f.). Vereinfacht dargestellt sehen Dehaene & Cohen (vgl. 1995: 87 ff.) die visuelle Verarbeitung von Zahlen und Zahlwörtern in unteren Bereichen der Hirnrinde des Hinterhauptes und der Schläfen, die je nach Darbietungsform bilateral oder linkshemisphärisch stattfindet (vgl. ebd.: 88). Das Verständnis und die Produktion von gesprochenen Zahlwörtern findet hingegen ebenso wie die klassischen Sprachverarbeitung in perisylvischen Arealen der linken Hirnhemisphäre statt (vgl. ebd.: 88). Numerische Größenvergleiche werden laut Dehaene und Cohen bilateral im inferior parietalen Kortex ausgeführt (vgl. ebd.: 88). Die Areale befinden sich in der Nähe des intraparietalen Sulcus (hIPS), der laut Willmes immer aktiviert wird, wenn Zahlen bzw. Zahlwörter mental verarbeitet werden müssen (vgl. 2012: 514). Zwischen den drei Codes werden, ähnlich wie im Modell, auch im Gehirn zweiseitige Verbindungen angenommen (vgl. ebd.: 514). Laut Willmes zeigten jedoch bisher die meisten Studien schon bei einfachen numerischen Anforderungen, dass im Gehirn ein ganzes Netzwerk von Hirnarealen aktiviert ist und die beteiligten Teilprozesse und Verarbeitungskomponenten sehr genau analysiert werden müssen, um Teilnetze der Verarbeitung identifizieren zu können (vgl. ebd.: 515). Betrachtet man die Verarbeitungsmodelle und bezieht diese auf Ergebnisse der Forschung mit bildgebenden Verfahren, so lassen sich dennoch Symptomkomplexe einteilen, die in Kapitel 2.2 bereits beschrieben wurden (vgl. ebd.: 521).

Darüber hinaus stützen weitere Studien die Annahme vieler Verarbeitungsmodelle, dass die Zahlenverarbeitung modular aufgebaut ist und einzelne Subsysteme somit selektiv beeinträchtigt sein können (vgl. ebd.: 522). Als besonders wichtig erachtet Willmes die folgenden getrennt störbaren Komponenten anhand charakteristischer Fehlermuster (vgl. ebd.: 522):

1. Nachweis über die getrennte Verarbeitung von Überschlagsrechnungen und exakten Rechnungen
2. Unterscheidung zwischen schnellem Abruf von arithmetischem Faktenwissen und der Verfügbarkeit von konzeptuellem Wissen über Zahlen
3. Selektive Beeinträchtigung einzelner oder mehrerer Grundrechenarten
4. Einzelne Störungen in der Verarbeitung von Rechenzeichen
5. Die Trennung zwischen lexikalischen oder syntaktischen Fehlern beim Lesen von arabischen Ziffern
6. Die unterschiedliche Möglichkeit, dieselbe Zahl als arabische Zahl zu lesen bzw. sie als Ergebnis einer Rechenaufgabe zu nennen
7. Die klare Diskrimination von syntaktischen Ausführungen in Sprache und Mathematik

Insgesamt nehmen neuere Studien, die sich auch funktionell bildgebenden Verfahren bedienen, an, dass es ein eigenes bilaterales Netzwerk für die Verarbeitung von Größenvergleichen von Zahlen und damit deren semantischer Komponente gibt und diese somit anders verarbeitet werden als sprachlich dargebotene Rechenaufgaben, die in den klassischen Arealen der Sprachwahrnehmung verarbeitet werden (vgl. ebd.: 525).

Es sollte daher zusammenfassend festgehalten werden, dass die neuronalen Grundlagen der Zahlenverarbeitung und des Rechnens sehr komplex sind und gute Rechenfähigkeiten davon abhängig sind, dass unterschiedliche Hirnareale intakt sind (vgl. Landerl et al. 2017: 52).

## 2.8 Kriterien zur Bewertung der Diagnostikverfahren

Beushausen (vgl. 2019: 58) stellt in ihrer Arbeit eine Checkliste auf, an der sich Testanwender orientieren können, um Diagnostikverfahren zu bewerten. In dieser geht sie beispielsweise auf die Gütekriterien und Ökonomie eines Tests sowie dessen Relevanz für die Therapie ein. Inhaltlich ähnlich sind die Testrezensionen bei Schellig, Heinemann, Schächtele & Sturm (vgl. 2019: 22) aufgebaut, die neben dem Fachbuch von Beushausen als Grundlage für die Bewertung dienen sollen.

In Anlehnung an Beushausen (vgl. 2019: 30) soll jede Testdarstellung folgendermaßen aufgebaut werden:

Zur Beantwortung der ersten Unterfrage dieser Arbeit sollen zunächst die folgenden allgemeinen Informationen zu jedem Test gegeben werden:

- Testname, Autoren, Erscheinungsjahr
- Testart
- Geltungsbereich
- Testaufbau
- Durchführung

Für die Beantwortung der zweiten Unterfrage stehen vor allem die theoretische Fundierung und die zugrunde liegenden Modelltheorien der einzelnen Tests im Mittelpunkt.

Die mögliche Klassifizierung der Akalkulie und damit die dritte Unterfrage soll mit Hilfe der Ausführungen über die Auswertung der Tests beschrieben werden.

Für die Beantwortung der vierten Unterfrage, in der die Testgütekriterien und die Praktikabilität der Verfahren bewertet werden soll, werden folgende Informationen zusammenfassend dargestellt:

- Testmaterial
- Manual

- Hauptgütekriterien
  - Objektivität
    - Durchführungsobjektivität
    - Auswertungsobjektivität
    - Interpretationsobjektivität
  - Reliabilität
    - Interne Konsistenz
    - Retest-Reliabilität
  - Validität
    - Inhaltsvalidität
    - Kriteriumsvalidität
    - Konstruktvalidität
- Nebengütekriterien
  - Normierung
  - Ökonomie: Durchführungsdauer, Auswertungsdauer, Anschaffungspreis, Einarbeitungsaufwand
  - Nützlichkeit

Die soeben genannten Kriterien sollen im Folgenden kurz erklärt werden:

Nach Nennung des *Testnamens*, der *Autoren*, sowie dem *Erscheinungsjahr* wird eine *Einordnung des Tests* in das Klassifikationssystem für Tests vorgenommen (vgl. ebd.: 35 f.). Beushausen unterscheidet an dieser Stelle zwischen Leistungstests, psychometrischen Persönlichkeitstests und Persönlichkeits-Entfaltungsverfahren (vgl. ebd.: 36). Zu den Leistungstests gehören bspw. Verfahren zur Beschreibung der kindlichen Sprachentwicklung, die auch als Entwicklungstests bezeichnet werden (ebd.: 36). Zu den psychometrischen Persönlichkeitstests werden klinische Tests, z. B. zur Beschreibung des sprachlichen Verhaltens in der Aphasiediagnostik gezählt, zu denen auch die meisten Testverfahren zur Zahlenverarbeitungs- und Rechenfähigkeit gehören dürften. Laut Beushausen (vgl. ebd.: 36) werden bei dieser Testart Verhaltensaspekte direkt gemessen oder durch Fragebögen erhoben. Im weiteren Verlauf differenziert Beushausen (vgl. ebd.: 37) verschiedene Befundinstrumente, von denen die für diese Arbeit am wichtigsten Erscheinenden nun knapp vorgestellt werden sollen. Unter einem *Screening-Verfahren* wird in der Logopädie und Sprachtherapie ein kurzes Testinstrument verstanden, mit welchem „man einen groben Einblick in Problembereiche erhält“ (Beushausen 2019: 38). Es kann sinnvoll sein, im Anschluss an ein Screening ein *standardisiertes Befundinstrument* anzuwenden (vgl. ebd.: 38). Als ein solches wird ein wissenschaftliches Verfahren verstanden, „das in seiner Durchführung, Auswertung und Interpretation so detailliert beschrieben ist, dass es von

verschiedenen Testanwenderinnen in der gleichen Weise durchgeführt, ausgewertet und interpretiert werden kann“ (Beushausen 2019: 38). Ferner sollten die Durchführung und Auswertung an einer Stichprobe evaluiert und die Gütekriterien erfüllt sein (vgl. ebd.: 38). Beim Kriterium *Geltungsbereich* werden Angaben zum Alter des Probanden und weiteren Faktoren gemacht, die für die Anwendung des Tests wichtig sind (vgl. ebd.: 31). Es folgen Erläuterungen zum *Testmaterial* sowie zum *Testaufbau*, ehe das *Grundkonzept* und damit die theoretischen Fundamente des Verfahrens erklärt werden (vgl. ebd.: 31). Im Anschluss wird das *Manual* hinsichtlich seiner Verständlichkeit, Vollständigkeit und Gliederung beschrieben, bevor dann die *Durchführung* und die *Auswertung* kurz beschrieben werden. Daran anschließend erfolgt die Betrachtung der *Gütekriterien*, die nachfolgend ebenfalls kurz erläutert werden sollen.

Unter *Objektivität* versteht man, dass ein Test nicht vom Untersuchenden beeinflusst wird und das sowohl in der Durchführung als auch in Auswertung und Interpretation, weshalb unterschieden wird in *Durchführungsobjektivität*, *Auswertungsobjektivität* und *Interpretationsobjektivität* (vgl. ebd.: 43 f.). Die Unabhängigkeit kann sichergestellt werden, indem im Testmanual genaue Testinstruktionen sowie eine konkrete Anleitung zu Auswertung und Interpretation gegeben werden (vgl. ebd.: 43). Bei hoher Objektivität zeigen sich die gleichen Testergebnisse eines Probanden bei verschiedenen Testleitern und Auswertern (vgl. ebd.: 43).

*Reliabilität* bezeichnet die Messgenauigkeit eines Tests, also inwieweit ein beobachteter Testwert den wahren Wert des Probanden repräsentiert (vgl. Schellig et al. 2019: 773). Die Reliabilität wird differenziert in *Interne Konsistenz*, *Retest-Reliabilität* und *Paralleltest-Reliabilität*. Unter Interner Konsistenz versteht man dabei, inwieweit die einzelnen Items das gleiche Merkmal testen (vgl. ebd.: 775 f.), während die Retest-Reliabilität angibt, wie hoch die Übereinstimmung der Testergebnisse zu zwei verschiedenen Testzeitpunkten ist (vgl. Scherfer & Bossmann 2011: 250). Die Paralleltest-Reliabilität kann nur gemessen werden, wenn von einem Test zwei parallele Tests vorliegen, die äquivalente Items enthalten, sodass der Zusammenhang zwischen beiden Tests ermittelt werden kann (vgl. Beushausen 2019: 46).

Die *Validität* eines Tests gibt an, inwieweit ein Test misst, was er wirklich messen soll, wobei bspw. die *Inhaltsvalidität* misst, ob die Testaufgaben das bestmögliche Kriterium für das zu testende Merkmal sind (vgl. ebd.: 47). Während die *Kriteriumsvalidität* misst, welcher Zusammenhang zwischen der Testleistung mit anderen Merkmalen bzw. Kriterien, wie z. B. der Schulnote besteht, gibt die *Konstruktvalidität* an, welchen Bezug ein Test zu einem theoretischen Konstrukt aufweist (vgl. Schellig et al. 2019: 779 f.).

Die Nebengütekriterien umfassen die *Normierung*, sowie die *Ökonomie* und die *Nützlichkeit* von Testverfahren (vgl. Beushausen 2019: 49 f.). Mit einem *normierten Test* können

getestete Personen mit weiteren Probanden verglichen werden und es erfolgt eine Einordnung, ob der Testteilnehmer gleichwertig oder unter- bzw. überdurchschnittlich abgeschnitten hat (vgl. ebd.: 49). Die Normen für einen Test werden gebildet, indem eine Untersuchung mit einer ausreichend großen Stichprobe durchgeführt wird, mit deren Ergebnissen anschließend Kennwerte mit Hilfe von Mittelwerten und Streuungsmaßen berechnet werden (vgl. ebd.: 49). Die Normierungsstichprobe sollte randomisiert, also zufällig zusammengestellt werden und je nach Aufbau sollten mehr als 100 Personen getestet werden (vgl. ebd.: 49 f.).

Für die Praxistauglichkeit steht außerdem die *Ökonomie* eines Tests im Mittelpunkt, denn es wird erwartet, dass der Aufwand einer Testung im Verhältnis zu seinem Nutzen steht (vgl. ebd.: 50). Beushausen (2019: 50) nennt einen Test ökonomisch, „wenn er eine kurze Durchführungszeit beansprucht, wenig Material verbraucht, einfach zu handhaben und schnell und bequem auswertbar ist“. Ferner ist ein Test ökonomisch, wenn er als Gruppentest durchgeführt werden kann, was jedoch bei klinischen Tests meist nicht der Fall ist (vgl. ebd.: 50). Neben der Ökonomie ist die *Nützlichkeit* des Tests von hoher Bedeutung, also „wenn er ein Verhaltens- oder Persönlichkeitsmerkmal erfasst, für dessen Erfassung und Beurteilung ein praktisches Bedürfnis besteht“ (Lienert & Raatz 1998: 13). Laut Beushausen (vgl. 2019: 50) besteht für die Sprachtherapie das Bedürfnis, mit einem Test eine eindeutige Klassifikation einer Störung zu bekommen, Anhaltspunkte für Themeninhalte abzuleiten und sprachliches Verhalten auf allen Ebenen zu überprüfen.

## 3 Methode

### 3.1 Darstellung und Begründung des methodischen Vorgehens

Wie zu Beginn dargestellt, wurden bisher insgesamt nur wenige Diagnostikverfahren zur Akalkulie im deutschsprachigen Raum publiziert. Die vorliegende Übersichtsarbeit beschränkt sich auf die im deutschen Sprachraum verfügbaren Diagnostikverfahren, da zwar das Kodierungssystem als Arabische Zahlen universell ist, lautsprachlich oder schriftsprachlich sind die kodierten Zahlwörter jedoch je nach Sprache verschieden (vgl. Claros Salinas 1994: 2). Anderssprachige Tests können aus diesem Grund nicht bzw. nur unzureichend mit den Deutschsprachigen verglichen werden.

In der Bachelorarbeit soll der bisherige Forschungsstand aus dem sprachtherapeutischen und neuropsychologischen Bereich dargelegt und übersichtlich zusammengefasst werden. Im Anschluss soll eine Einordnung der bestehenden Verfahren in den Forschungsstand vollzogen werden, woran sich eine kritische Bewertung anschließt.

Aufgrund dessen wird das Projekt vor allem für den ersten Teil als systematische Übersichtsarbeit gestaltet. Diese können einen schnellen Überblick über den aktuellen Stand der Forschung zu einem bestimmten Thema leisten (vgl. Ressing, Blettner & Klug 2009: 462) und sind traditionell in den Sozial-, Verhaltens- und Erziehungswissenschaften verbreitet (vgl. Timmer & Richter 2008: 138). Das Forschungsvorhaben als systematische Übersichtsarbeit zu gestalten bietet sich insbesondere an, da sie ganz konkret die Qualität der gefundenen Studien beurteilen und im Anschluss eine auf die Forschungsfrage fokussierte Schlussfolgerung ziehen möchte (vgl. Armstrong, Hall, Doyle & Waters 2011: 148). Dadurch unterscheidet sie sich unter anderem von einem Scoping Review, welches genutzt wird, um Forschungslücken zu identifizieren und aufzuzeigen (vgl. ebd.: 148), was in dieser Arbeit jedoch nicht als wichtigstes Ziel zu betrachten ist.

Für eine systematische Übersichtsarbeit, die beispielsweise eine Intervention als Thema behandelt, gelten nach Uman (vgl. 2011: 57 f.) folgende acht Arbeitsschritte:

1. Fragestellung formulieren
2. Ein- und Ausschlusskriterien definieren
3. Suchstrategie entwickeln und Studien lokalisieren
4. Studien auswählen
5. Daten extrahieren
6. Studienqualität messen
7. Ergebnisse analysieren und interpretieren
8. Erkenntnisse verschriftlichen

Um bestimmte Suchstrategien für die Suche und Auswahl relevanter Literatur entwickeln zu können, wurde zunächst eine Fragestellung (s. a. Schritt 1) für die vorliegende Arbeit aufgestellt, die in der Einleitung verschriftlicht ist. Im zweiten Schritt erfolgte die Aufstellung von Ein- und Ausschlusskriterien, um z. B. bestimmte Studientypen, Patientengruppen und Sprachen ein- bzw. auszuschließen (vgl. Uman 2011: 57 f., s. a. Kapitel 3.3.1). Daran anschließend wurde eine Suchstrategie entwickelt, die das Aufstellen von Suchbegriffen ebenso umfasst, wie das Selektieren geeigneter Datenbanken (vgl. ebd.: 58). Da nach dem ersten Sichten der Ergebnisse eine sehr große inhaltliche Breite festgestellt wurde, wurde der Suchprozess an dieser Stelle in zwei Vorgehensweisen aufgeteilt, die in der folgenden Abbildung dargestellt werden.

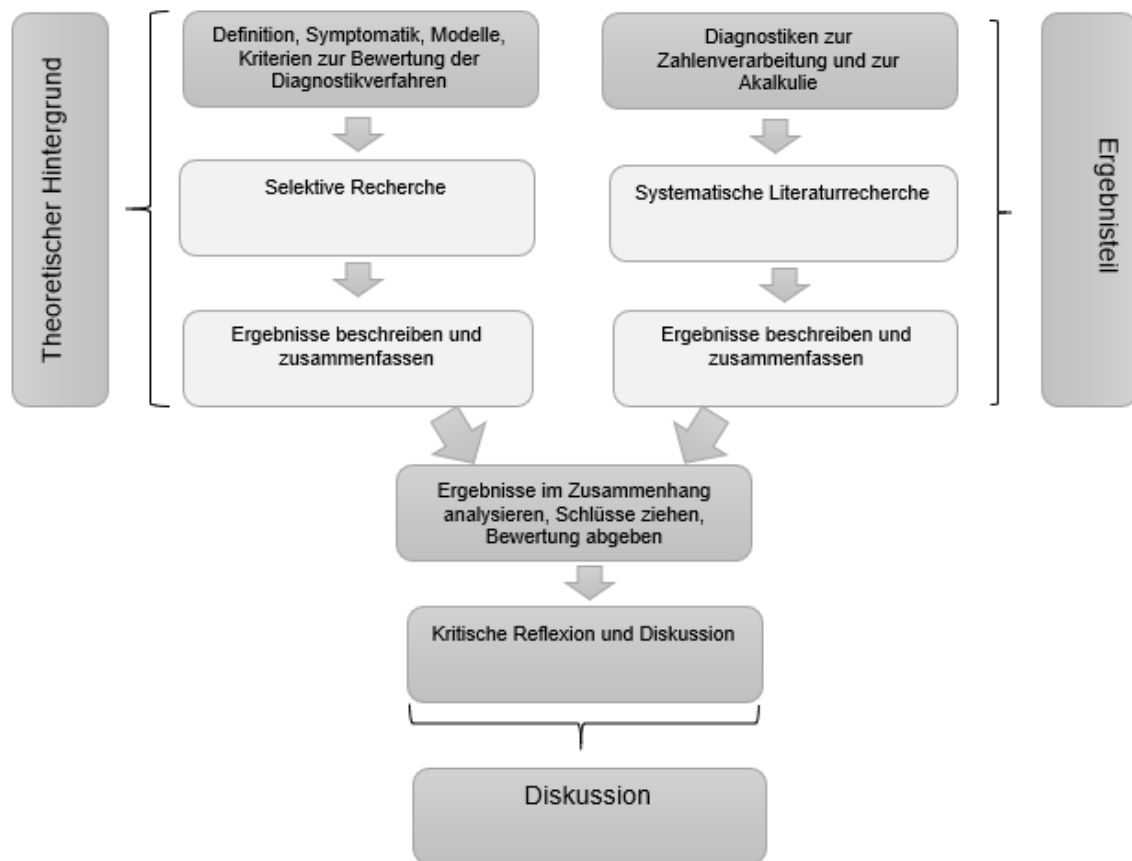


Abbildung 6: Methodisches Vorgehen

Quelle: Eigene Darstellung

Für den theoretischen Hintergrund wurde für dessen Recherche die Form einer „selektive[n] Literaturübersicht“ (Ressing et al. 2009: 457) gewählt, da er vor allem dazu dient, die Symptomatik der Akalkulien und die Modelle zur Zahlenverarbeitung, sowie den entsprechenden Forschungsstand skizzenhaft darzustellen und damit eher einen vorbereitenden Bereich für die weiteren Teile der Arbeit einnimmt. Die Suche nach Literatur erfolgte dabei unsystematisch und wurde anschließend nach subjektiven Kriterien ausgewählt und zusammengefasst.

Die Recherche für den Ergebnisteil, der die Aufstellung der Diagnostikverfahren umfasst, entspricht der bei einer systematischen Recherche. So wurden im Rahmen der Arbeit Literaturquellen durch eine im Voraus festgelegte Suchstrategie in verschiedenen wissenschaftlichen Datenbanken systematisch gesucht und zusammengetragen.

Trotz der ähnlichen Vorgehensweise bei der Literatursuche ist das methodische Vorgehen der Arbeit vor allem in Hinblick auf Bewertung der Quellen von dem einer systematischen Übersichtsarbeit abzugrenzen: Da zu den einzelnen Diagnostikverfahren keine (Evaluations-) studien gefunden werden konnten, wurde Schritt 4 lediglich auf die Tests bezogen, aus denen im nächsten Schritt auch die Daten extrahiert wurden. Im anschließenden sechsten Schritt, der eigentlich die Studienqualität messen soll, wurde das Vorgehen insoweit



abgeändert, dass mit Hilfe vorher festgelegter Kriterien die Qualität der einzelnen Diagnostikverfahren bewertet werden sollte. So konnten die Rechercheergebnisse in Bezug zum theoretischen Hintergrund gesetzt und zusammengefasst werden und dienten so zur Beantwortung der Fragestellung.

In den folgenden zwei Kapiteln wird das methodische Vorgehen aufgeteilt nach den zwei Rechercheprozessen des theoretischen Hintergrundes und Ergebnisteils genauer dargestellt und beschrieben.

## **3.2 Theoretischer Hintergrund**

### **3.2.1 Wissenschaftliche Datenbanken und Suchbegriffe**

Die Recherche zum aktuellen Forschungsstand, zur Symptomatik und zu den verschiedenen Zahlenverarbeitungsmodellen erfolgte teilweise über wissenschaftliche Datenbanken. Da es sich hierbei um eine selektive Suche handelte, wurde die Suche auf die Datenbanken PubMed, Livivo und PubPsych beschränkt. In den Datenbanken wurde anschließend mit den Suchbegriffen „Akalkulie“, „Dyskalkulie“, „acalculia“, „dyscalculia“, „Rechenstörung“, „calculation disability“ und „calculation impairment“ als synonyme Bezeichnungen für Akalkulie und „model“ und „theory“ für den Bereich Modelle gesucht.

Insgesamt wurden die Suchbegriffe abhängig von den Datenbanken bzw. Suchmaschinen sinnvoll nach den Bool'schen Operatoren miteinander verknüpft.

### **3.2.2 Bibliotheken und Handsuche**

Die weitere selektive Recherche bestand aus der Suche nach Fachliteratur zu den bereits genannten Themengebieten in der Suchmaschine Scin os der Hochschule, die die Online-Kataloge der Hochschulbibliothek und der Universitätsbibliothek Osnabrück abbildet. Die oben genannten Suchbegriffe wurden dazu angepasst und in verschiedenen Konstellationen miteinander verknüpft. Teilweise wurden die Begriffe zusätzlich ins Deutsche übersetzt. Durch die Suche konnte vor allem grundlegende Fachliteratur zur Akalkulie sowie Rechenstörungen gefunden werden.

Die spätere Handsuche in der Bibliothek der Hochschule konnte die Auswahl der bereits gefundenen Fachbücher in den Bereichen Sprachtherapie, Ergotherapie und Psychologie erweitern. Weitere Literatur konnte außerdem aus den Referenzlisten der vorhandenen Bücher erschlossen werden.

### **3.2.3 Öffentliches Internet**

Zu Beginn der Recherche wurden außerdem die öffentlichen Suchmaschinen „google“ und „google scholar“ für eine erste orientierende Suche zum Themengebiet der Akalkulie

genutzt. Im weiteren Verlauf der Recherche kamen die Suchmaschinen nur noch ergänzend zum Einsatz, um beispielsweise nach Titeln bestimmter Autoren oder allgemeinen Inhalten zur Akalkulie zu suchen.

### 3.2.4 Auswahl der Bewertungskriterien

Die Bewertungskriterien konnten durch bereits bekannte Literatur gesichtet und in teilweise abgewandelter Form für die vorliegende Arbeit verwendet werden. Die Literatur konnte durch die Bibliothek der Hochschule Osnabrück erschlossen werden.

Insbesondere das Fachbuch von Beushausen (vgl. 2019) sammelt die wichtigsten testtheoretischen Begriffe und Theorien, die in der Sprachtherapie genutzt werden (vgl. ebd.: 9). Die im Buch vorgestellten Testrezensionen geben durch die Kriterien in objektiver und komprimierter Form Hinweise zu den Diagnostikverfahren, weshalb die gleichen Kriterien auch in dieser Arbeit angewendet werden sollen (vgl. ebd.: 13). Hilfreich für die Auswahl der Kriterien war auch das Fachbuchkapitel von Fimm (vgl. 2019: 771 ff.), der ebenfalls psychometrische Grundlagen der Diagnostik zusammenfasst und verständlich aufbereitet.

## 3.3 Ergebnisteil

### 3.3.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Nach einer orientierenden Suche in den wissenschaftlichen Datenbanken und dem Bibliothekskatalog der Hochschule Osnabrück erfolgte zunächst die Durchsichtung der Literatur, indem die Titel, bei Fachbüchern auch das Inhaltsverzeichnis geprüft wurden. Aufgrund der recht hohen Ergebniszahl der Recherche wurden genaue Ein- und Ausschlusskriterien (vgl. Tab. 1) festgelegt, sodass die verbleibenden Ergebnisse einem weiteren Ausschlussprozess unterzogen werden konnten.

Tabelle 1: Ein- und Ausschlusskriterien der systematischen Recherche

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
<ul style="list-style-type: none"><li>• Die Arbeit behandelt den Bereich der erworbenen Akalkulie</li><li>• Die Arbeit befasst sich mit Diagnostikverfahren zur Akalkulie</li><li>• Die Arbeit ist in deutscher oder englischer Sprache verfasst</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Die Arbeit befasst sich ausschließlich mit entwicklungsbedingter Akalkulie/Dyskalkulie (auch bei Erwachsenen)</li><li>• Die Arbeit untersucht ausschließlich die therapeutischen Möglichkeiten bei Akalkulien</li></ul>

Quelle: Eigene Darstellung

Da bereits die erste Sichtung der Rechercheergebnisse ergeben hatte, dass sich viele Studien und Arbeiten inhaltlich nicht ausschließlich mit dem Bereich der erworbenen Akalkulie auseinandersetzen, sondern vielmehr die entwicklungsbedingte Dyskalkulie vordergründig behandeln, wurde dies auch bei den Ein- und Ausschlusskriterien mit aufgenommen.

### 3.3.2 Wissenschaftliche Datenbanken und Suchbegriffe

Der größte Teil der systematischen Recherche bestand aus der Suche nach relevanter Literatur in verschiedenen wissenschaftlichen Datenbanken. Der Rechercheprozess erstreckte sich dabei auf den Zeitraum von Juni bis November 2019 und wurde in den medizinischen Datenbanken *PubMed*, *Livivo* und *The Cochrane Library* durchgeführt, wobei letztgenannte insbesondere zur Suche nach bereits vorhandenen Übersichtsarbeiten zum Thema zu Rate gezogen wurde. Weiterhin wurde über *PubPsych* der gesamte (neuro-)psychologische Bereich, über *speechBITE* das Gebiet der Sprachtherapie und mit *OTseeker* die Literatur der Ergotherapie durchsucht. Sowohl *speechBITE* als auch *OTseeker* konnten hinsichtlich des Themas keine relevanten Treffer erzielen, die übrigen Datenbanken lieferten jedoch in äußerst hohem Maße verschiedene Arbeiten, die allerdings in einer Vielzahl bereits aufgrund von Titel und Abstract ausgeschlossen werden konnten.

Die Suche über *The Cochrane Library*, einem Online Netzwerk, das vor allem zur Einsicht systematischer Reviews genutzt wird, ergab keine Treffer hinsichtlich geeigneter Diagnostikverfahren. Weitere Datenbanken wurden aufgrund des eingeschränkten zeitlichen Rahmens nicht berücksichtigt.

In den verschiedenen Datenbanken wurde mit Hilfe diverser Suchbegriffe gesucht, die zu Beginn der selektiven Recherche aus den Ergebnissen zum theoretischen Hintergrund abgeleitet werden konnten. Hierzu wurden zu den einzelnen Themengebieten jeweils eine Liste geführt, in die die Begriffe, die in der deutsch- und englischsprachigen Literatur von den Autoren zur Beschreibung derselben Symptomatik verwendet wurden, eingetragen wurden (vgl. Tab. 2). Im nächsten Arbeitsschritt wurde speziell die Datenbank *PubMed* hinsichtlich geeigneter Medical- Subject Headings (MeSH-Terms) zum Suchbegriff „acalculia“ durchsucht, um die Liste mit den bereits bestehenden Begriffen durch Weitere zu ersetzen. Im Anschluss wurden die in Tabelle 2 dargestellten Suchbegriffe sinnvoll nach den Bool'schen Operatoren miteinander verknüpft und an die Suchmaske der jeweiligen Datenbank, in der gesucht wurde, angepasst.

Tabelle 2: Übersicht über die Suchbegriffe

Themengebiet	Schlüsselwort	Keyword
Akalkulie	Akalkulie Zahlenverarbeitung Rechenstörung Erworbene Dyskalkulie	acalculia number processing calculation (dis)ability calculation impairment acquired dyscalculia
Diagnostik	Diagnostik Test Prüfung	diagnostic* test* assess*
Modelle und Theorien	Modell Theorie	model theory

Quelle: Eigene Darstellung

### 3.3.3 Bibliotheken und Handsuche

Da mithilfe der wissenschaftlichen Datenbanken teilweise kein Zugriff auf die existierende Fachliteratur zu den Diagnostikverfahren möglich war, wurde erneut die Suchmaschine scin.os der Hochschule Osnabrück herangezogen, um nach geeigneter Literatur für den Ergebnisteil zu suchen. Die bereits aufgeführten Suchbegriffe wurden daher ein weiteres Mal verwendet.

Insgesamt stellte sich diese Suche jedoch als wenig erfolgreich heraus, da nur wenige Treffer hinsichtlich geeigneter Fachliteratur über Diagnostiken zur Akalkulie erzielt werden konnten.

Darüber hinaus wurde der Katalog des Gemeinsamen Bibliotheksverbundes (kurz GKV) der Homepage der Hochschule Osnabrück genutzt, um die durch Fachbücher empfohlene Diagnostikverfahren zu suchen. Ein Test konnte so durch die Fernleihe bezogen werden, ein weiterer wurde eigens für die Hochschulbibliothek angeschafft. Zwei weitere Tests, die in der Schule für Logopädie in Essen vorhanden sind, konnten von dort entliehen werden.

### 3.3.4 Öffentliches Internet

Die öffentlichen Suchmaschinen *google* und *google scholar* wurden abermals herangezogen, um nach Artikeln bestimmter Autoren zu suchen und die öffentliche Verfügbarkeit zu überprüfen. Ein weiterer Artikel konnte über eine Kontaktaufnahme über *researchgate* bezogen werden.

### 3.3.5 Auswahl der Diagnostikverfahren

Über die verschiedenen Recherchewege konnten mit Hilfe der Ein- und Ausschlusskriterien verschiedene Diagnostikverfahren zur Akalkulie gefunden werden. Teilweise konnten Hinweise aus bestehenden Studien oder Fachartikeln Hinweise auf geeignete Verfahren liefern, die anschließend in der Bibliothek der Hochschule ausgeliehen oder über die Fernleihe bezogen werden konnten. Einbezogen in die vorliegende Arbeit wurden daher nur jene Verfahren, die zum Zeitpunkt der Erstellung der Arbeit zu beziehen waren und die im Laufe der Zeit veröffentlicht wurden.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Darstellung der Diagnostikverfahren zur Akalkulie

Durch die systematische Literaturrecherche konnten vier verschiedene Diagnostikverfahren aus dem deutschsprachigen Raum identifiziert werden, die im Folgenden dargestellt und bewertet werden sollen. Die Verfahren werden chronologisch nach ihrem Veröffentlichungsdatum vorgestellt.

Durch die allgemeinen Angaben der Tests soll zunächst die erste Unterfrage beantwortet werden. Diese Angaben schließen Name, Autor, Jahr und Quelle sowie auch Testart, Geltungsbereich, Testaufbau und Durchführung ein.

Für die Beantwortung der zweiten Unterfrage stehen vor allem die theoretische Fundierung und die zugrunde liegenden Modelltheorien der einzelnen Tests im Mittelpunkt.

Die mögliche Klassifizierung der Akalkulie (Unterfrage 3) soll mit Hilfe der Ausführungen über die Auswertung der Tests beschrieben werden.

Insbesondere die Betrachtung des Testmaterials sowie Manuals und der Gütekriterien soll die Beantwortung der vierten Unterfrage ermöglichen, in der die Praktikabilität jedes einzelnen Tests bewertet werden soll.

Abschließend sollen alle vorgestellten Verfahren in einem Unterkapitel nochmals hinsichtlich der Kriterien verglichen und bewertet werden.

Es wird zunächst EC 301 R (Claros Salinas 1994) vorgestellt, welches die Übersetzung einer Testbatterie aus dem englischen Sprachraum darstellt. Außerdem wird das Material *Störungen der Zahlenverarbeitung* (Hüttemann 1998), *Zahlenverarbeitungs- und Rechen-test* (Kalbe, Brand & Kessler 2002) sowie das *Aiblinger Akalkulie Screening* (Keller & Maser 2004) untersucht.

## 4.2 EC 301 R (Claros Salinas 1994)

### 4.2.1 Beschreibung des Verfahrens

EC 301 R (Claros Salinas 1994) entstand im Rahmen des EG-Projektes „European Standardized Computerized Assessment Procedure for the Evaluation and Rehabilitation of Brain-damaged Patients“, an der Wissenschaftler aus zwölf verschiedenen Ländern beteiligt waren (vgl. Claros Salinas 1994: 2). Das Testverfahren wurde für verschiedene Sprachen aus dem Englischen adaptiert, wobei die verschiedenen Versionen in ihrer Struktur gleichgeblieben sind (vgl. ebd.: 3). „EC 301 R ist die revidierte Fassung des ursprünglichen Untersuchungsverfahrens EC 301, das empirisch überprüft und im Hinblick auf einfache Anwendbarkeit mehrfach überarbeitet wurde“ (ebd.: 2 f.). Zum Zeitpunkt der Erstellung der Arbeit konnte das Verfahren nur durch die Fernleihe bezogen werden, wobei es nur in zwei Bibliotheken in Deutschland vorrätig war.

EC 301 R wird von Claros-Salinas selbst als Screening- Verfahren vorgestellt, da es die Fähigkeiten mit einer begrenzten Item-Anzahl untersuchen möchte, es bietet jedoch Hinweise auf mögliche detaillierte Untersuchungsverfahren (vgl. ebd.: 4). Das Verfahren soll im klinischen Bereich angewendet werden (vgl. ebd.: 5) und individuelle Einflussfaktoren wie Alter, Geschlecht und Schulbildung auf die Leistungen im Umgang mit Zahlen testen (vgl. ebd.: 2).

Das Testverfahren soll sowohl rezeptive, als auch produktive Fähigkeiten im Umgang mit Zahlen überprüfen, wobei mündliche und schriftliche Notationssysteme als arabische Ziffern oder phonematisch bzw. graphematisch realisierte Zahlwörter berücksichtigt werden (vgl. ebd.: 6). EC 301 R besteht in der deutschen Fassung aus neun verschiedenen Untertests, die ihrerseits nochmals aus verschiedenen Aufgabentypen bestehen. Die einzelnen Aufgaben sollen im Folgenden kurz vorgestellt werden:

*Abzählen:* In drei Einzelaufgaben soll der Patient eine Punktemenge abzählen, indem er auf die einzelnen Punkte deutet, dabei laut zählt und die Anzahl anschließend in Zifferform aufschreibt (vgl. ebd.: 6).

*Zählen:* Die Überprüfung dieser Leistung besteht aus einer Aufgabe, bei der der Proband in Einerschritten von 25 bis 0 zählen soll (vgl. ebd.: 7).

*Transkodieren:* Der Untertest umfasst drei verschiedene Aufgabentypen, die jeweils aus sechs Items mit folgenden Transkodierungsanforderungen bestehen (vgl. ebd.: 8):

- Zahlenschreiben (Zahlwort → Ziffer)
- Zahlenlesen (Ziffer → Zahlwort)
- Zahlentranskodieren (Ziffer → Zahlwort)

*Kopfrechnen:* Bei diesem Aufgabentyp werden die vier Grundrechenarten jeweils in zwei Einzelaufgaben geprüft, die dem Probanden mündlich vorgegeben werden (vgl. ebd.: 13).

*Anordnen von Zahlen auf einem Zahlenstrahl:* Der Proband soll auf einer Skala von 0 bis 100 einen von vier Markierungsstrichen ankreuzen, der einer bestimmten Zahl entspricht. Die Aufgabe besteht aus fünf Einzelaufgaben (vgl. ebd.: 13).

*Zahlenvergleich:* Es werden Zahlenpaare entweder auditiv oder schriftlich vorgegeben, bei denen der Patient die größere Zahl angeben soll. Beide Einzelaufgaben bestehen jeweils aus acht Zahlenpaaren (vgl. ebd.: 13 f.).

*Schriftliches Rechnen:* Die Aufgabe enthält sechs Items: je zwei Additions-, zwei Subtraktions- und zwei Multiplikationsaufgaben (vgl. ebd.: 16 f.).

*Perzeptives Schätzen:* Die Aufgabe enthält vier Einzelaufgaben, bei denen anhand bildlicher Stimuli Größen wie Gewicht (ein Item), Höhe (ein Item) oder Anzahl (zwei Items) geschätzt werden sollen (vgl. ebd.: 17).

*Kontextuelles Schätzen:* In fünf Einzelaufgaben sollen Zahlenangaben im semantischen Kontext als „wenig“, „mittel“ oder „viel“ eingeschätzt werden (vgl. ebd.: 17 f.).

Für die Durchführung der einzelnen Subtests sind auf den Untersuchungsprotokollen genaue Instruktionen angegeben, die der Testleiter für die Erklärung der Aufgaben nutzen kann. Im Manual findet sich jedoch weder eine konkrete Aussage, dass sich der Testleiter an die angegebenen Instruktionen halten muss, noch darüber, ob die Durchführung in der festgelegten Reihenfolge stattfinden soll. Da das Untersuchungsprotokoll jedoch so angelegt ist, dass einzelne Aufgabentypen eines Untertests an verschiedenen Stellen und nicht direkt aufeinander folgend durchgeführt werden, ist von einer festgelegten, empfohlenen Reihenfolge auszugehen. Da nur bei den Aufgaben zum Transkodieren ein Abbruchkriterium von drei (aufeinanderfolgenden) Nullreaktionen angegeben ist, müssen die restlichen Untertests vollständig durchgeführt werden. In der Handanweisung wird kein Hinweis auf mögliche Wiederholungen seitens des Testleiters oder angebotene Hilfestellungen gegeben.

#### **4.2.2 Theoretische Fundierung**

Laut Claros-Salinas lassen sich die Scores der EC 301 R zumindest teilweise auf theoretische Modelle der Zahlenverarbeitung und des Rechnens beziehen, die von McCloskey & Caramazza aufgestellt wurden (vgl. ebd.: 3). Die Autoren erklären hier unter anderem Unterschiede im Verstehen und Produzieren von Zahlen, die ungleich stark gestört sein können (vgl. McCloskey & Caramazza 1987: 201 f.). Ferner postulieren sie getrennt störbare arabische und verbale Komponenten, lexikalische und syntaktische sowie phonologische und graphematische Komponenten (vgl. ebd.: 206 ff.). Eine Einordnung der Ergebnisse eines Patienten in der EC 301 R scheint besonders hinsichtlich der Transkodierungsaufgaben möglich, da diese direkt die von McCloskey und Caramazza erklärten Komponenten überprüfen. So sollen insgesamt rezeptive und produktive Fähigkeiten im Zusammenhang

mit Zahlen überprüft werden, die als Input oder Output entweder mündlich oder schriftlich als arabische Ziffern oder phonematisch bzw. graphematisch realisierte Zahlwörter generiert werden (vgl. Claros-Salinas 1994: 5 f.).

Die Auswahl der Aufgabentypen und deren Konstruktion wird in der Handanweisung sehr ausführlich und nachvollziehbar dargestellt (vgl. Claros-Salinas 1994: 5 ff.). So soll das Material beispielsweise derart sensitiv sein, dass auch leichte Beeinträchtigungen des Rechnens und der Zahlenverarbeitung erfasst werden können (vgl. ebd.: 5).

### **4.2.3 Auswertung und Klassifizierung**

Bei der Beurteilung handelt es sich um eine rein quantitative Auswertung durch Vergabe von 0 bis 2 Punkten. Selbstkorrekturen werden generell nicht als Fehler gewertet (vgl. ebd.: 19). Korrekte Antworten werden mit zwei Punkten bewertet, Fehler mit null Punkten. Ein Punkt wird vergeben für korrekte Antworten, die bspw. in einer anderen Modalität oder nach zweiter Stimulation erbracht wurden (vgl. ebd.: 19). Beim schriftlichen Rechnen der Multiplikationsaufgaben wird für jedes richtige Zwischenergebnis sowie für das korrekte räumliche Anordnen der Zahlen zusätzlich ein Punkt zu einem Punkt für das korrekte Endergebnis vergeben, sodass sich hier insgesamt sieben Punkte für beide Aufgaben zusammen ergeben (vgl. ebd.: 21). Die entsprechenden Punktzahlen werden am Ende auf das Auswerteprotokoll übertragen welches in Anhang 1 dargestellt wird.

### **4.2.4 Praktikabilität und Testgütekriterien**

Zu den Testgütekriterien werden in der Handanweisung keine Angaben gemacht, sodass die Bewertung der Objektivität nur durch die Betrachtung des gesamten Materials zu erschließen sind. Durch die genauen Angaben der Instruktion und den Hinweisen zur Auswertung sind die Durchführungs-, Auswertungs- und Interpretationsobjektivität gegeben. Da zu der Reliabilität und der Validität keine Angaben gemacht werden, ist keine Aussage möglich.

Die Testmappe beinhaltet zusätzlich zur Handanweisung ein Untersuchungsprotokoll, in dem der Testleiter die Instruktionen für die einzelnen Untertests findet und die Ergebnisse aufzeichnen kann. Diese kann er anschließend auf den beiliegenden Bewertungsbogen übertragen, der auch den maximalen Wert jedes Untertests sowie den absoluten Gesamtwert des Verfahrens angibt. Zugehörig zum Material sind außerdem 16 Vorlagen, die dem Patienten bei einzelnen Aufgaben vorgelegt werden, sowie 14 Antwortbögen, auf denen der Proband schriftliche Aufgabenstellungen lösen soll (vgl. ebd.: 3).

Die Handanweisung enthält zunächst eine kurze Einleitung, an die sich ein Kapitel anschließt, welches die Aufgabentypen sowie deren Auswahl und Konstruktion darstellt. Im Anschluss erfolgt ein Überblick über die Bewertung der einzelnen Aufgaben, danach



Ausführungen über die deutschsprachige Normierung, woran sich als letztes die Literaturhinweise anschließen. Insgesamt ist das Manual strukturiert aufgebaut und leserlich gestaltet, wenngleich noch weitere Angaben zur Originalversion der EC 301 R hilfreich wären. Außerdem werden die modelltheoretischen Grundlagen nur sehr knapp angesprochen (vgl. ebd.: 3).

Zu den Gütekriterien werden in der Handanweisung keine Angaben gemacht, weshalb nur zur Objektivität ausgesagt werden kann, dass diese aufgrund von vorgegebenen Instruktionen sowie Hinweisen zur Auswertung und Interpretation als gegeben angesehen werden kann.

Die Normierung wurde an der noch nicht revidierten EC 301 Version durchgeführt. Die Revision des Verfahrens bestand jedoch lediglich in einer Reduktion um einzelne Aufgabentypen bzw. -gruppen, da diese durch eine Gruppe hirngeschädigter Personen ohne Fehler gelöst wurden und redundante Informationen enthielten (vgl. ebd.: 3). Daher erscheinen laut Aussage der Verfasserin die Ergebnisse für die Normierung zumindest bedingt auch für die gekürzte Fassung aussagekräftig (vgl. ebd.: 22). Die Normierung wurde an einer Gruppe deutschsprachiger, nicht hirngeschädigter Personen ( $n=159$ ) durchgeführt, die nach Alter, Geschlecht und Schulbildung kontrolliert wurden (vgl. ebd.: 22). 90% dieser Probanden erreichten in 23 von 31 Aufgabengruppen die Höchstpunktzahl. Für die verbleibenden acht Aufgabengruppen, in denen signifikante Fehlerraten zu beobachten waren, wurde eine Varianzanalyse durchgeführt, die Einflüsse der genannten Variablen in den Aufgaben der EC 301 weitgehend ausschließt (vgl. ebd.: 22).

Die Aufgaben der EC 301 R wurden so konstruiert, dass die Untersuchung in höchstens zwei Untersuchungseinheiten von jeweils 30 Minuten durchführbar ist (vgl. ebd.: 5). Die Auswertungszeit wird von der Autorin im Manual nicht angegeben, diese dürfte jedoch in etwa zwischen 15 und 30 Minuten liegen. Die Auswertung erfordert keine langwierige Einarbeitung und keine spezielle Auswertungssoftware und dürfte in etwa eine Zeit von 60 Minuten beanspruchen. Da das Material zum Zeitpunkt der Erstellung der Arbeit nicht im frei verfügbaren Internet zu beziehen war, sondern nur über die Fernleihe in einer anderen Bibliothek geliefert werden konnte, sind keine Aussagen über die Anschaffungskosten zu treffen.

Insgesamt ist das Material insbesondere zum Zeitpunkt der Veröffentlichung als sehr nützlich anzusehen, da es das erste Verfahren zur Prüfung der Zahlenverarbeitung und des Rechnens war.

## 4.3 Störungen der Zahlenverarbeitung (Hüttemann 1998)

### 4.3.1 Beschreibung des Verfahrens

Das Material *Störungen der Zahlenverarbeitung* (SZV) wurde 1998 von Joachim Hüttemann im NAT-Verlag veröffentlicht und besteht aus einem Diagnostik- und einem Therapieteil (vgl. Hüttemann 1998a: 1), wobei letzterer in dieser Arbeit größtenteils außer Acht gelassen werden soll. Hüttemann nennt in seinem Material keine Bezeichnung der Testart. Im Begleitheft finden sich jedoch keine detailliert beschriebenen, standardisierten Aussagen zu Durchführung, Auswertung und Interpretation, weshalb eine Einordnung als Screening-Verfahren als sinnvoll erscheint. Gemäß der Definition von Beushausen (vgl. 2019: 38) ist das Material recht kurzgehalten und erlaubt einen ersten groben Einblick in die Problembereiche des Probanden.

Auf Testleiterseite richtet sich das Material an Kliniker und Therapeuten aus dem sprachpathologischen oder neuropsychologischen Bereich (vgl. Hüttemann 1998a: 1). Diese können das Diagnostikverfahren bei Patienten mit neurologischen Erkrankungen anwenden, bei denen die „numerische Informationsverarbeitung“ (Hüttemann 1998a: 1) auf verbaler oder kognitiver Ebene beeinträchtigt ist (vgl. ebd.: 1). Laut Hüttemann (vgl. ebd.: 1) ist das Material weniger geeignet bei Störungsbildern mit rein motorischen Problemen oder als reine Gedächtnisübungen. Bei Patienten mit schweren bzw. sehr schweren Aphasien rät Hüttemann von einer Therapie der numerischen Probleme ab (vgl. ebd.: 5).

Der Aufbau des Materials teilt sich auf in vier verschiedene Teile, die jeweils aus unterschiedlich vielen Arbeitsblättern und Aufgabentypen bestehen. Teil 1, der als Basisdiagnostik bezeichnet wird, besteht insgesamt aus 13 Arbeitsblättern, wobei in der ersten Aufgabe Ziffern zwischen Symbolen identifiziert werden sollen (vgl. ebd.: 35). In der zweiten Aufgabe, die ebenfalls aus einem Arbeitsblatt besteht, sollen Zahlwörter zwischen Funktionswörtern, die strukturell ähnlich sind, herausgefunden werden (vgl. ebd.: 35). Die nächsten Aufgaben, die auf sieben Arbeitsblättern ausgeführt werden sollen, fordern vom Patienten multimodale Transkodierungen (vgl. ebd.: 35). Dabei soll zunächst nach verbaler Angabe das Kästchen identifiziert werden, in dem die genannte Anzahl an Punkten zu finden ist. Gleiches soll ausgeführt werden, wobei der Code dann als Ziffer bzw. im Anschluss als Zahlwort visuell vorgegeben ist. Dann erfolgt eine Aufgabe, in der der Patient das entsprechende Zahlwort unterstreichen soll, welches eine Anzahl von Punkten in einem Kästchen wiedergibt. Anschließend soll der Patient ein verbal präsentiertes Zahlwort zwischen weiteren identifizieren und unterstreichen. In gleicher Weise soll er bei einem präsentierten Zahlwort und einer Auswahlmenge von Ziffern sowie anschließend in umgekehrter Form verfahren. Bei den letzten vier Aufgaben des ersten Teils geht es ebenfalls um multimodale Transkodierungen, die jetzt aber produktiv ausgeführt werden sollen (vgl. ebd.: 35). Im

ersten Aufgabentyp soll der Proband entsprechend viele Punkte in ein Kästchen setzen, wie als Ziffer bzw. Zahlwort nebenseitig angegeben sind. Bei der nächsten Aufgabe soll der Proband in Ziffern aufschreiben, wie viele Punkte sich in einem Kästchen befinden. In der vorletzten Aufgabe dieses Teils soll der Getestete zu einer vorgegebenen Ziffer das entsprechende Zahlwort aufschreiben, während die Aufgabe in der letzten Übung darin besteht, diktierter Zahlwörter aufzuschreiben.

Im zweiten Abschnitt des Diagnostikteils geht es vorrangig um die Zahlenidentifikation, die auf insgesamt sechs Arbeitsblättern durchgeführt werden soll. Verbal vorgegebene Zahlen sollen in einer Zahlenmatrix von neun Zahlen identifiziert werden. Die Schwierigkeit ist dabei ansteigend, da mit einstelligen Zahlen begonnen wird und am Ende bis zu dreistellige Zahlen gezeigt werden sollen.

Im dritten Teil, der vom Autor als ‚Arabic/verbal Matching- Verfahren‘ bezeichnet wird, geht es um komplexes Transkodieren von Ziffern zu Zahlwörtern und umgekehrt (vgl. ebd.: 36). Auf den ersten neun Arbeitsblättern ist die Ziffer vorgegeben und das entsprechende Zahlwort soll aus einer Auswahlmenge zugeordnet werden. Auf den folgenden neun Arbeitsblättern erfolgt die reziproke Transkodierung, bei der das Zahlwort vorgegeben ist und die Ziffer zugeordnet werden muss. Die Schwierigkeit ist abermals aufsteigend, es sollen am Ende fünfstellige Zahlen transkodiert werden.

Der letzte Teil behandelt inhaltlich das laute Lesen von Zahlen sowie das Zahlendiktat (vgl. ebd.: 36). Auf dem ersten Arbeitsblatt soll der Proband 10 verschiedene Zeilen vorlesen, in denen meist vier verschiedene Items abgedruckt sind. In Zeile 1 und 9 weicht die Anzahl ab. Bis zur sechsten Zeile sind lediglich Zahlen mit aufsteigender Anforderung abgedruckt. Zeile sieben beinhaltet Dezimalzahlen, während in der achten Zeile Brüche bzw. das Prozent- und Promillezeichen mitbeachtet werden müssen. Die neunte Zeile beinhaltet neben Zahlen auch paranumerische Symbole und in Zeile 10 sollen einfache Rechenaufgaben vorgelesen werden. Auf dem zweiten Arbeitsblatt soll der Patient ähnliche Informationen, die vom Testleiter auditiv vorgegeben werden, in die Zeilen eintragen. Insgesamt liegen 13 Zeilen auf dem Blatt vor, in deren ersten neun der Patient das Diktierter aufschreiben soll. Für die Zeilen 10 bis 13 bekommt der Proband kurze, einfache Rechenaufgaben diktiert, deren Resultate der Patient aufschreiben soll. Es werden jeweils drei Aufgaben zu den vier Grundrechenarten durchgeführt.

Laut Autor sollen die allgemeinen Durchführungskriterien beachtet werden, die auch im Rahmen des Aachener Aphasie Tests (Huber, Poeck, Weniger & Willmes 1983) berücksichtigt werden (vgl. ebd.: 33). Dazu gehört z. B. der Umgang mit Wiederholungen, die entweder vom Patienten gefordert oder durch den Testleiter angeboten werden können (vgl. ebd.: 33). Es ist pro Aufgabe eine Wiederholung zulässig, die im Testbogen entsprechend vermerkt werden sollte (vgl. ebd.: 33). Ebenso soll mit einer möglichen

Selbstkorrektur eines zuvor falschen Ergebnisses umgegangen werden (vgl. ebd.: 33). Zeigt der Proband in einem Aufgabentyp mehr als drei Nullreaktionen bzw. braucht er länger als 60 Sekunden bis zum Beginn einer Reaktion, so erfolgt der Abbruch für die ganze Aufgabe (vgl. ebd.: 33 f.). Die jeweiligen Instruktionen der einzelnen Aufgaben sind auf den Protokollbögen verzeichnet (vgl. ebd.: 38).

### **4.3.2 Theoretische Fundierung**

Das Material von Hüttemann gründet sich laut Aussage des Autors auf neuere Modelle der Zahlenverarbeitung, die im Manual vorgestellt und diskutiert werden (z. B. Dehaene 1993; Noel & Seron 1993; McCloskey, Caramazza & Basili 1985, vgl. ebd.: 6 ff.). Zunächst stellt Hüttemann das ‚Numerische System‘ nach Noel & Seron (1993) vor (vgl. ebd.: 6 ff., s. a. Kapitel 2.6.3). Gemäß diesem Konzept werden die Aufgaben bei Hüttemann ebenfalls in Zahlenverständnis und -produktion unterschieden. Bei der Auswertung wird außerdem zwischen den Subkomponenten lexikalisch und syntaktisch unterschieden, die ihrerseits als phonologische bzw. graphematische Komponente in die Auswertung einbezogen werden. Hüttemann vermeidet in seinen Materialien außerdem ausdrücklich den Begriff ‚Akalkulie‘, da dieser häufig nur mit Defiziten in der Rechenfähigkeit assoziiert wird (vgl. ebd.: 17). Er verwendet daher die aus dem Englischen stammenden Begriffe ‚Innumeracy‘ (Defizite der grundlegenden Zahlenverarbeitung) und ‚Anarithmetia‘, der Probleme der Kalkulation umfasst (vgl. ebd.: 17). Hüttemann stellt außerdem ausführlich die wichtigsten kognitiven bzw. verbalen Erkenntnisse aus dem Forschungskontext der ‚Cognitive Arithmetic‘ vor und zeigt auf, dass die der Zahlenverarbeitung zugrunde liegenden Prozesse eng verbunden sind mit der Informationsverarbeitung der natürlichen Sprache (vgl. ebd.: 17 ff.). Er erläutert daher die verschiedenen prozeduralen Aspekte numerischer Verarbeitung, deren Wichtigkeit ebenfalls bei der Auswertung des Diagnostikverfahrens von Bedeutung ist (vgl. ebd.: 17 ff.). Auch wenn das Material methodisch-systematisch konzipiert wurde, geht Hüttemann davon aus, dass nicht alle denkbaren numerischen Prozesse und Relationen erfasst werden können (vgl. ebd.: 26).

### **4.3.3 Auswertung und Klassifizierung**

Auf den Durchführungsbögen kann für jede Aufgabe die Anzahl richtiger und falscher Lösungen ermittelt und vermerkt werden (vgl. Hüttemann 1998b: 2). Außerdem können die unterschiedlichen Fehlerarten identifiziert und ebenfalls numerisch erfasst werden (vgl. ebd.: 2). Eine korrekte Identifizierung der Fehlerart soll durch die Angabe von Beispielfehlern bei den einzelnen Items sichergestellt werden (vgl. ebd.: 3). Es wird zum Beispiel unterschieden zwischen nahen und weiten Ablenkern, sowie phonologischen, morphologischen und syntaktischen Fehlern. Die Aufzeichnungen können im Anschluss vom

Durchführungsbogen auf einen Auswertungsbogen übertragen werden, auf dem dann alle Ergebnisse der einzelnen Aufgaben übersichtlich dargestellt werden können (vgl. ebd.: 26 ff.). In einem letzten Schritt kann eine „synoptische Evaluation/Endauswertung“ (s. a. Anhang 2, Hüttemann 1998b: 32) erfolgen, indem für jeden Fehlertyp die Anzahl der Fehler ermittelt und eingetragen wird (vgl. ebd.: 32). Für jede diagnostische Kategorie wurde außerdem die durchschnittliche Gesamtzahl an möglichen numerischen Abweichungen ermittelt und angegeben, mit der in der Endauswertung der prozentuale Fehleranteil errechnet und ebenfalls eingetragen werden kann (vgl. ebd.: 2). Ergänzend dazu kann die Anzahl ideosynkratischer Reaktionen, sowie von Selbstkorrekturen und Nullreaktionen auf dem Bogen vermerkt werden (vgl. ebd.: 2). Hinsichtlich der Transkodierungen kann zusätzlich eine qualitative Auswertung mit Hilfe einer grafischen Darstellung auf dem letzten Formblatt gemacht werden (s. a. Anhang 3, vgl. ebd.: 2). Die einzelnen Transkodierungsrouten wurden hier nochmals chronologisch aufgestellt, sodass intakte Prozesse mit grünen Vektoren und eingeschränkte Verbindungen mit roten eingetragen werden können (vgl. ebd.: 2).

#### **4.3.4 Praktikabilität und Testgütekriterien**

Das Material besteht aus einem Ringordner, in dem die einzelnen Blätter eingeklebt sind, die zunächst die Einleitung abbilden. Daran anschließend gibt der Autor recht umfassende Ausführungen zum theoretischen Hintergrund der Zahlenverarbeitung und erklärt daran anschließend die Eigenschaften der Materialien sowie deren Handhabung. Ergänzend dazu führt der Autor numerologische Übungen ein, an die sich allgemeine Aspekte sowie das Literaturverzeichnis anschließen. Nach diesem einführenden theoretischen Teil schließen sich die Materialien für die Diagnostik sowie die Therapie an. Zum Diagnostikteil werden zu Beginn noch einige Erläuterungen zur Durchführung gegeben. Daran schließen sich die Untersuchungsbögen für die Diagnostik an, die nach den einzelnen Teilen aufgeteilt sind, auf die dann die Auswertungsbögen folgen. Abschließend finden sich dann das Formblatt „Synoptische Evaluation/Endauswertung“ sowie ein Blatt zur qualitativen Endauswertung. Der Diagnostikteil wird abgeschlossen mit den Untersuchungsbögen für den Patienten. Abschließend findet sich im Ordner eine Vielzahl an Arbeitsblättern, die dem Therapieteil angehören.

Im Material liegt kein gesondertes Manual vor. Die theoretischen Hintergründe sowie die Ausführungen zu Durchführung und Auswertung finden sich als eingeklebte Blätter im Ringordner. Insgesamt ist das Manual übersichtlich und gut strukturiert aufgebaut, es enthält jedoch beispielsweise bei der Darstellung des Modells von Noel und Seron fehlerhafte Angaben (vgl. Hüttemann 1998a: 6).

Zu den Gütekriterien finden sich im Material keine Ausführungen, sodass zur Reliabilität und Validität keine Aussagen gemacht werden können (vgl. Wollf 2002: 9 f.). Hinsichtlich

der Objektivität kann nur aus den Angaben zur Durchführung und Auswertung geschlossen werden, dass durch die vorgegebene Instruktion zumindest die Durchführungsobjektivität gegeben ist (vgl. ebd.: 9). Die Auswertung ist zumindest hinsichtlich der allgemeinen Fehleranzahl objektiv, die Bestimmung der Fehlertypen ist jedoch von den Kenntnissen des Anwenders abhängig und somit nicht objektiv (vgl. ebd.: 9).

Auch zur Normierung werden im Begleitheft keine Angaben gemacht, sodass davon ausgegangen wird, dass diese nicht durchgeführt wurde (vgl. ebd.: 10).

Hüttemann gibt in seinem Material keine Durchführungszeit an, diese dürfte jedoch durch den hohen Anteil an Auswahlaufgaben auch bei schwerer betroffenen Patienten bei etwa 30 bis 45 Minuten liegen. Die Auswertungszeit wird von Wolff (vgl. 2002: 6) je nach Geübtheit des Anwenders auf 30 bis 60 Minuten geschätzt.

Zum Zeitpunkt der Erstellung der Arbeit liegt der Anschaffungspreis des Ringordners im Internet bei 88,79 € (vgl. Testzentrale Hogrefe Verlag 2019b), während die eBuch-Variante für 55 € erworben werden kann und im PDF-Format vorliegt (NAT-Verlag 2020).

Der Einarbeitungsaufwand ist abhängig vom Testenden, da dieser insbesondere zur Auswertung des Verfahrens Grundkenntnisse benötigt und wird daher auf ca. 60 Minuten geschätzt.

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung war das Material SZV neben der EC 301 R das einzige Verfahren, welches Störungen der Zahlenverarbeitung und mit kleinem Anteil die Rechenfähigkeit eines Probanden überprüft. Besonders hervorzuheben ist, dass dieses Material neben dem Diagnostikteil auch Arbeitsblätter zur Therapie der festgestellten Probleme enthält (vgl. Wolff 2002: 11). Als nützlich kann zusätzlich herausgestellt werden, dass das Material verschiedene Fehlertypen identifizieren kann (vgl. ebd.:10).

## **4.4 Zahlenverarbeitungs- und Rechentest (Kalbe et al. 2002)**

### **4.4.1 Beschreibung des Verfahrens**

Der *Zahlenverarbeitungs- und Rechentest* (ZRT) wurde im Jahr 2002 von den Autoren Elke Kalbe, Matthias Brand und Josef Kessler im Beltz Verlag veröffentlicht.

Der ZRT wird von den Autoren nicht einer bestimmten Testart zugeordnet. Da sowohl die Durchführung als auch die Auswertung des Verfahrens vollständig standardisiert sind (vgl. Kalbe, Brand & Kessler 2002: 15), kann der Test als standardisiertes Diagnostikverfahren bezeichnet werden (vgl. Beushausen 2019: 38).

Der ZRT bezieht in seinen Geltungsbereich erwachsene hirngeschädigte Personen ein, die Zahlenverarbeitungs- und Rechenstörungen aufweisen (vgl. Kalbe et al. 2002: 17). Mit Hilfe des Tests soll ein spezifisches Leistungsprofil erstellt und der Schweregrad der Beeinträchtigungen quantifiziert werden (vgl. ebd.: 17).

Der ZRT besteht aus den beiden Teilen *Zahlenverarbeitung* und *Rechnen* mit jeweiligen verschiedenen Subtests (vgl. ebd.: 10). Bis auf drei Untertests bestehen alle Subtests jeweils aus neun Items, von denen jeweils drei schwer, mittelschwer und leicht sind (vgl. ebd.: 10). Der Untertest Rückwärtszählen besteht nur aus einer Aufgabe, während bei der Verarbeitung von Rechenzeichen und beim spaltenweisen Anordnen von Zahlen jeweils zwei Aufgaben gelöst werden müssen (vgl. ebd.: 10). Die Autoren weisen darauf hin, dass die Subtests des ZRT auch separat durchgeführt und ausgewertet werden können, sodass auch eine kurze Überprüfung einzelner Teilleistungen möglich ist (vgl. ebd.: 10). Insgesamt besteht der ZRT aus den folgenden sieben Untertests, von denen die ersten drei zum Bereich *Zahlenverarbeitung* gehören und die anderen zum Bereich *Rechnen*.

*Zahlenvergleich:* In dieser Aufgabe wird das Zahlenverständnis anhand von Größenvergleichen überprüft. Die Zahlenpaare werden als arabische Zahlen, sowie schriftliche und mündliche Zahlwörter dargeboten (vgl. ebd.: 10).

*Transkodieren:* Der Patient soll einen Zahlencode jeweils in eine andere Modalität überführen. Bei der Transkodierung werden alle möglichen Routen separat transkodiert. Als Aufgabentypen muss der Patient arabische Zahlen und Zahlwörter lesen, arabische Zahlen sowie Zahlwörter nach Diktat aufschreiben und arabische Zahlen in Zahlwörter und in umgekehrter Weise schriftlich transkodieren (vgl. ebd.: 10).

*Rückwärtszählen:* Der Untertest besteht aus einer Aufgabe, bei der der Patient von 100 in Einerschritten abwärts zählen soll (vgl. ebd.: 10).

*Verarbeitung von Rechenzeichen:* Der Proband soll vier Rechenaufgaben mit jeweils gleichen Zahlen, aber jeweils unterschiedlichen Rechenzeichen vorlesen. Wenn der Patient diese Aufgabe nicht lösen kann, wird das Verständnis für Rechensymbole überprüft (vgl. ebd.: 18).

*Spaltenweises Anordnen von Zahlen:* In zwei Aufgaben soll der Proband die vorgegebenen Zahlen in der angegebenen Reihenfolge (nicht der Größe nach) untereinander schreiben. Dabei muss darauf geachtet werden, dass die jeweiligen Einer-, Zehnerstellen usw. untereinander stehen (vgl. ebd.: 18).

*Kopfrechnen:* Pro Rechenart soll der Patient neun Aufgaben im Kopf lösen, die vom Testleiter mündlich vorgegeben werden. Das Ergebnis soll anschließend laut genannt werden (vgl. ebd.: 18).

*Schriftliches Rechnen:* Der Proband soll in diesem Test nochmals jeweils neun Aufgaben zur Addition, Subtraktion und Multiplikation schriftlich lösen und dabei auch die Zwischenergebnisse aufschreiben (vgl. ebd.: 18).

Die tatsächliche Reihenfolge der Durchführung weicht von der oben dargestellten Abfolge ab, da bei der empfohlenen Reihenfolge eine minimale Aufgabenüberlagerung zu erwarten ist (vgl. ebd.: 18). Um den Patienten zu entlasten, wurden leichte und schwierige Aufgaben

jeweils gleichmäßig verteilt (vgl. ebd.: 18). Die empfohlene Reihenfolge kann aus dem Protokollheft für den Testleiter entnommen werden und ist wie folgt (ebd.: 18):

1. Zahlenvergleich (alle Inputcodes)
2. Transkodieren: Lautes Lesen (Arabische Zahlen und Zahlwörter)
3. Schriftliches Transkodieren: Arabische Zahlen in Zahlwörter
4. Rückwärtszählen
5. Verarbeitung von Rechenzeichen
6. Schriftliches Transkodieren: Zahlwörter in Arabische Zahlen
7. Kopfrechnen (alle Aufgaben)
8. Transkodieren (Schreiben nach Diktat: Zahlwörter)
9. Spaltenweises Anordnen von Zahlen
10. Schriftliches Rechnen (alle Aufgaben)
11. Transkodieren: Schreiben nach Diktat: Arabische Zahlen)

Es ist möglich, die beiden Testteile (Zahlenverarbeitung bzw. Rechnen) oder einzelne Subtests gesondert durchzuführen, um die Testzeit zu verkürzen oder spezielle Fragestellungen beantworten zu können (vgl. ebd.: 17).

Da Willmes-von Hinckeldey (vgl. 2006: 89) den ZRT in Verbindung mit dem Test zum kognitiven Schätzen (TKS, Brand, Kalbe & Kessler 2002) empfiehlt, wird dieser in Kapitel 4.5 ebenfalls vorgestellt und die Tests gemeinsam bewertet.

#### **4.4.2 Theoretische Fundierung**

Das Ziel der Autoren des ZRT war die Konstruktion eines theoriegeleiteten Verfahrens, welches sich daher am Modell von Cipolotti und Butterworth (1995) orientiert (vgl. ebd.: 10). Der Test soll alle angenommenen Verarbeitungskomponenten des Modells überprüfen und wurde zusätzlich ergänzt durch Aufgaben zur räumlichen Verarbeitung von Zahlen sowie einer Aufgabe zum Rückwärtszählen (vgl. ebd.:10).

In einem Fallbeispiel zur Interpretation der Ergebnisse des ZRT werden beispielhaft die einzelnen Verarbeitungskomponenten des Modells von Cipolotti und Butterworth überprüft (vgl. ebd.:21 f.). Mit dem Zahlenvergleich in den unterschiedlichen Zahlencodes werden sowohl die Inputsysteme auf der linken Seite des Modells als auch die interne abstrakte Repräsentation getestet (vgl. ebd.: 21). Die asemantischen Transkodierungskomponenten werden entsprechend durch die Transkodierungsaufgaben des ZRT auf Defizite überprüft, welche somit auch teilweise das Ausgabesystem für gesprochene Zahlwörter überprüft (vgl. ebd.: 21). Das schriftliche Rechnen kann neben Hinweisen auf die Intaktheit der Komponenten Produktion und Ausgabesystem für arabische Zahlen natürlich auch Informationen zur Rechenfähigkeit eines Patienten liefern (vgl. ebd.:21 f.).



### 4.4.3 Auswertung und Klassifizierung

Für die gelösten Aufgaben werden zunächst Punkte nach bestimmten Kriterien vergeben, die dann den Rohwert darstellen (vgl. ebd.: 18). Diese werden für die Subtests sowie für die beiden Testteile (Zahlenverarbeitung und Rechnen) addiert und können auf das Auswerteprotokoll eingetragen werden (vgl. ebd.: 18). Im Allgemeinen werden pro richtig gelöstem Item maximal zwei Punkte vergeben, bei einem richtigen Ergebnis durch Selbstkorrektur, Hilfestellung oder Wiederholung jeweils ein Punkt (vgl. ebd.: 18 f.). Eine Ausnahme bildet die Aufgabe zum schriftlichen Multiplizieren, bei der auch für das richtige Zwischenergebnis sowie das korrekte Einrücken und das Endergebnis Punkte vergeben werden, weshalb bei dieser Aufgabe maximal vier Punkte erreicht werden können (vgl. ebd.: 18 f.). Die gebildeten Rohwerte können anschließend mit Hilfe der Normtabellen, die im Anhang des Manuals zu finden sind, in „altersabhängige Wertpunkte transformiert“ (ebd.: 19) werden. Die Normwerttabellen liegen für drei verschiedene Altersgruppen vor, zunächst für die Altersgruppe 20 bis 40, dann für die Gruppe 40 bis 60 und die dritte Tabelle für Personen, die 60 Jahre oder älter sind (vgl. ebd.: 25 ff.). Die Wertpunkte für den Gesamtwert des ZRT ergeben sich aus der Addition der Wertpunkte der beiden Testteile Zahlenverarbeitung und Rechnen (vgl. ebd.: 19). Anhand einer weiteren Tabelle im Anhang können die Cut-Off-Werte für die beiden Testteile und den Gesamt-ZRT abgelesen werden und die Beeinträchtigungen als leicht, mittelgradig oder schwer eingestuft werden (vgl. ebd.: 19). Die ermittelten Wertpunkte können anschließend in das vorgesehene Formblatt (s. a. Anhang 4) eingetragen werden, aus dem sich ein Leistungsprofil ergibt (s. a. Anhang 5, vgl. ebd.: 19). Die Autoren beschreiben kurz auch eine qualitative Auswertung der Daten, um die Defizite eines Patienten zu interpretieren (vgl. ebd.: 22). Sie nennen dabei zwei Beispiele, bei denen die gezeigte Umsetzung Hinweise auf weitere mögliche Beeinträchtigungen bzw. Störungsbilder geben kann (vgl. ebd.: 22). In diesem Fall geben bspw. sog. Shiftfehler, also die Produktion des falschen Zahlencodes (z. B. „3hundert96“) Hinweise auf eine Demenz, da dieser Fehler bisher nur bei diesem Störungsbild und nicht bei anderen hirngeschädigten Patienten beobachtet werden konnte (vgl. Deloche & Seron 1982, zit. nach Kalbe et al. 2002: 22). Ein weiteres Beispiel stellt Defizite der räumlichen Verarbeitung von Zahlen in den Vordergrund, die z. B. beim spaltenweisen Anordnen von Zahlen auftreten können und in der Interpretation der Testergebnisse sowie der Therapieplanung einzubeziehen sind (vgl. Kalbe et al. 2002: 22).

### 4.4.4 Praktikabilität und Testgütekriterien

Die Testmappe besteht aus dem Manual, dem Protokollheft für den Testleiter, einem Testheft für den Patienten, einem doppelseitigen Bogen mit dem Auswerteprotokoll und dem

Leistungsprofil, sowie neun Vorlagen im DIN-A5- Format, die dem Patienten bei einigen Aufgaben vorgelegt werden.

Das Manual umfasst zunächst eine kurze Einleitung, an die sich ein Kapitel mit der theoretischen Fundierung anschließt. Danach erfolgt die Beschreibung allgemeiner Merkmale des ZRT, wie Aufbau, Normstichprobe und Gütekriterien. Daran anschließend folgen ausführliche Erklärungen zur Durchführung und Auswertung sowie Beispielen. Das Manual ist insgesamt gut verständlich. Der Durchführungs- und Auswertungsteil sind übersichtlich und gut strukturiert, sie folgen der allgemeinen Logik der Testdurchführung und Auswertung.

Die Durchführungsobjektivität und die Auswertungsobjektivität sind durch die Standardisierung als hoch einzuschätzen (vgl. ebd.: 15). Zur Erhebung der Interpretationsobjektivität wurden Vergleichswerte aus einer Stichprobe mit gesunden Probanden genutzt (vgl. Wolff 2003: 8).

Hinsichtlich der Reliabilität berichten die Autoren im Manual von einer Retest-Reliabilität mit einem Cronbachs-  $\alpha^2$  von .937 (vgl. Kalbe et al. 2002: 15), was als sehr gut angesehen werden kann. Die Retest-Reliabilität wurde mit 20 Kontrollprobanden nach 6 Monaten erhoben (vgl. ebd.: 15). Weitere Angaben werden nicht gemacht.

Da das Testverfahren theoriegeleitet ist und sich nach Kalbe et al. am Zahlenverarbeitungs- und Rechenmodell von Cipolotti und Butterworth (1995) orientiert, gehen die Autoren von einer guten Inhaltsvalidität aus (vgl. ebd.: 15). Es kann außerdem eine gute Kriteriumsvalidität angenommen werden, da die Ergebnisse aus der Normierungsstichprobe zeigen, dass diese unabhängig von kognitiven Leistungen erreicht werden konnten (vgl. ebd.: 15). Die Interkorrelation der Untertests mit dem Gesamtscores des ZRT sind ebenfalls zufriedenstellend, da insbesondere ein deutlicher Zusammenhang zwischen den Aufgaben der beiden Teile Zahlenverarbeitung und Rechnen innerhalb der Teile besteht, diese jedoch nicht zwischen beiden Teilen korrelieren (vgl. Kalbe et al. 2002: 15). Die Interkorrelation der Untertests kann mittels Tabelle im Anhang des ZRT abgelesen werden und zeigt außerdem die erwartbaren Korrelationen zwischen einzelnen Untertests, bspw. zwischen den Transkodierungsaufgaben, jedoch nicht zwischen diesen und z. B. dem Zahlenvergleich (vgl. ebd.: 15). Auffällig ist hierbei jedoch, dass die Korrelation zwischen Diktat und schriftlichem Transkodieren lediglich bei .08 und damit im nicht signifikanten Bereich lag (vgl. Wolff 2003: 9). Die Konstruktvalidität zeigt sich ebenfalls zufriedenstellend, was durch Korrelationen zwischen dem ZRT und anderen neuropsychologischen Domänen bewiesen werden konnte (vgl. Kalbe et al. 2002: 15).

Die Normierung des ZRT wurde an einer Gruppe von 114 gesunden Kontrollprobanden durchgeführt, die laut Clinical Dementia Rating Scale (CDR, Hughes, Berg, Danziger,

---

<sup>2</sup> Standard-Schätzformel als Reliabilitätsmaß zur Bestimmung der internen (inneren) Konsistenz eines Tests oder Subtests. Werte unter .5 gelten als nicht akzeptabel, Werte ab .7 als zufriedenstellend und Werte ab .8 als gut (vgl. Hossiep 2020).

Coben & Martin 1982) als kognitiv unbeeinträchtigt eingestuft wurden (vgl. Kalbe et al. 2002: 11) und älter als 20 Jahre alt waren, während das Durchschnittsalter bei 55,6 Jahren lag (vgl. Wolff 2003: 10 f.). Hinsichtlich Alter, Geschlecht und Bildung ist die Gruppe ausgewogen, beim Beruf zeigte sich eine Häufung in der Kategorie „Lehrberuf“ (vgl. Kalbe et al. 2002: 11). Insgesamt konnten die Kontrollprobanden in fast allen Untertests ähnlich gute Ergebnisse erzielen, lediglich in den Aufgaben des Rechenteils zeigten sich unterschiedliche Fehleranzahlen (vgl. ebd.: 11). Da in einer univariaten Varianzanalyse Alterseffekte aufgezeigt wurden, wurden altersspezifische Wertpunkte berechnet und die drei Altersgruppen (20-40, 41-60 und >60 Jahre) gebildet (vgl. ebd.: 12). Aus inhaltlichen Gründen wurden die Wertpunkte auf die beiden Testteile gleichmäßig verteilt, sodass in jedem Teil 14 Punkte erreicht werden können (vgl. ebd.: 13). Innerhalb der Teile wurden die Wertpunkte nach Schwierigkeit und inhaltlicher Relevanz auf die Untertests verteilt (vgl. ebd.: 13). Aus den Mittelwerten und Standardabweichungen der Altersgruppen der Kontrollgruppe wurden im Anschluss Cut-Off-Werte berechnet, die als Mittelwert minus 1,5 Standardabweichungen definiert wurden (vgl. ebd.: 12 f.). Daran anschließend wurden die Werte für die Schweregradeinteilung bestimmt, die von den Autoren ebenfalls rechts umfangreich dargestellt wird (vgl. ebd.: 12 f.). Der ZRT wurde außerdem bei Patientengruppen mit verschiedener Ätiologie angewandt, von denen 34 Probanden eine Aphasie mit vaskulärer Genese aufwiesen und 15 Patienten unter Alzheimer litten. Zusätzlich wurden mit dem ZRT 26 Probanden mit Schizophrenie vom paranoiden Typus und 23 Patienten mit unipolarer Depression getestet (vgl. ebd.: 13). Alle Patientengruppen wurden zunächst mit entsprechenden Diagnostikverfahren untersucht und werden in einer Tabelle recht ausführlich beschrieben (vgl. ebd.: 13 f.). Außer der Gruppe der Erkrankten an Depression lagen die Gruppen im Mittel jeweils unterhalb des Cut-Off-Werts in den beiden Testteilen und im Gesamt-ZRT (vgl. ebd.: 14). Besonders in der Aphasie-Gruppe zeigten sich erwartbar schlechte Leistungen (vgl. ebd.: 14).

Die Autoren des ZRT gehen von einer Durchführungsdauer von 30 bis 35 Minuten für den gesamten Test aus, während einzelne Untertests auch separat durchgeführt werden können (vgl. ebd.: 17). Da weder Abbruchkriterien noch Zeitbeschränkungen angegeben werden, kann die Durchführung bei schwer betroffenen Probanden deutlich über der genannten Zeit liegen. Für die Auswertung werden in etwa 10 Minuten benötigt (vgl. Wolff 2003: 6) und es wird keine spezielle Auswertungssoftware benötigt. Die Einarbeitungszeit in die Materialien sowie die Durchführung wird im Manual nicht angegeben und dürfte in etwa 30 bis 45 Minuten in Anspruch nehmen. Der ZRT kann zum Zeitpunkt der Erstellung der Arbeit als Gesamtpaket im Internet für 133,00 € erworben werden (vgl. Testzentrale Hogrefe Verlag 2019c). Auf der gleichen Internetseite sind alle Bestandteile außerdem einzeln bzw. als Paket erhältlich (vgl. ebd.).

Der praktische Nutzen des Verfahrens wird als sehr hoch eingeschätzt, da es sehr differenziert die Leistungen in den beiden Bereichen Zahlenverarbeitung und Rechnen erfasst (vgl. Wolff 2003: 12). Die Autoren begründen die Konstruktion des ZRT mit der hohen Alltagsrelevanz von Zahlen und des bisherigen Fehlens eines geeigneten Testverfahrens für erwachsene hirngeschädigte Personen (vgl. ebd.: 12). Unberücksichtigt blieb hier offenbar das bereits 1998 veröffentlichte Material *Störungen der Zahlenverarbeitung* von Hüttemann, welches zusätzlich noch um einen Therapieteil ergänzt ist (vgl. ebd.: 12).

## 4.5 Test zum kognitiven Schätzen (Brand et al. 2002)

### 4.5.1 Allgemeine Informationen

Die Durchführung des TKS wird von Willmes-von Hinckeldey zusammen mit dem ZRT empfohlen und soll daher ebenfalls in dieser Arbeit vorgestellt und gemeinsam mit dem ZRT bewertet werden (vgl. 2006: 89).

Der TKS wurde im Jahr 2002 im Beltz Verlag von Matthias Brand, Elke Kalbe und Josef Kessler veröffentlicht, die auch Autoren des ZRT sind.

Der TKS wird von den Autoren nicht zu einer bestimmten Testart zugeordnet. Durch genaue Instruktionen und exakte Hinweise zur Auswertung und Interpretation kann der Test nach Beushausen (vgl. 2019: 38) als standardisiertes Diagnostikverfahren bezeichnet werden.

Das Verfahren richtet sich laut der Autoren an erwachsene hirngeschädigte Personen sowie Demenzpatienten und Probanden mit weiteren neuropsychologischen Erkrankungen (vgl. Brand et al. 2002: 10). Bei Patienten mit eingeschränktem Sehvermögen oder ausgeprägten Sprachstörungen kann der Test hingegen nicht durchgeführt werden (vgl. ebd.: 23).

Der TKS besteht aus verschiedenen Schätzaufgaben zu den Dimensionen *Größe*, *Gewicht*, *Anzahl* und *Zeit*, die jeweils in 4 verschiedenen Aufgaben überprüft werden (vgl. ebd.: 23).

Zu den ersten drei Dimensionen werden dem Probanden Bilder gezeigt, zu denen er anschließend eine Schätzung abgeben soll, die die Maßeinheit einschließt (außer bei der Dimension Anzahl, vgl. ebd.: 23). Zur Dimension Zeit soll der Proband die Dauer bestimmter Ereignisse einschätzen, die mündlich vorgegeben werden (vgl. ebd.: 23). Die Reihenfolge der Dimensionen soll wie gerade vorgestellt durchgeführt werden (vgl. ebd.: 23).

Jedes der Bilder soll dem Probanden für etwa fünf Sekunden vorgelegt werden, wobei insbesondere bei der Dimension Zeit auf die Einhaltung der Vorgabe zu achten ist (vgl. ebd.: 23). Die zugehörige Frage darf wiederholt werden und es gibt keine zeitliche Begrenzung für eine Antwortgenerierung seitens des Patienten (vgl. ebd.: 23).

### 4.5.2 Theoretische Fundierung

Für den theoretischen Hintergrund wird zunächst einmal erklärt, was unter dem Begriff ‚Kognitives Schätzen‘ zu verstehen ist (vgl. ebd.: 8). Die Autoren zeigen dazu ein Modell, welches von ihnen selber entwickelt wurde und die Verarbeitung von Schätzaufgaben im Gedächtnis erklären soll (vgl. ebd.: 8). Die Autoren nehmen keinen Bezug auf weitere Modelle oder Theorien.

### 4.5.3 Auswertung und Klassifizierung

Die vom Probanden genannte Antwort wird vom Testleiter auf dem Testbogen innerhalb der entsprechenden Spalte notiert (vgl. ebd.: 23). Wenn die Antwort und die Maßeinheit korrekt genannt werden konnten, erhält der Proband einen Punkt (vgl. ebd.: 23). Am Ende der Durchführung können alle Punkte addiert werden, sodass sich ein Gesamtestwert ergibt (vgl. ebd.: 23). Extreme Testwerte könne mithilfe weiterer Grenzwerte, die im Anhang des Manuals zu finden sind, ausgewertet werden (vgl. ebd.: 23).

Zur Interpretation der Testwerte liegt auf dem Testbogen eine Tabelle vor, die die Leistungen des Probanden als deutlich, leicht und nicht beeinträchtigt klassifiziert (s. a. Anhang 6, vgl. ebd.: 23 f.). Durch eine exaktere Betrachtung der Dimensionswerte und der extremen Fehler im TKS ist eine zusätzliche qualitative Interpretation möglich (vgl. ebd.: 24).

### 4.5.4 Praktikabilität und Testgütekriterien

Die Testmappe des TKS besteht aus dem Manual, dem Testbogen sowie einem Ringbuch im DIN A5-Format, welches die Bildkarten enthält. Als weiteres Material wird nur Schreibzeug benötigt.

Im Manual werden in der Einleitung und der theoretischen Fundierung zum Kognitiven Schätzen die wichtigsten Grundlagen und die Notwendigkeit zur Konstruktion dieses Tests genannt. Daran anschließend erfolgt ein Anriss weiterer neuropsychologischer Untersuchungen zum genannten Thema sowie Ausführungen zur Konstruktion des TKS mit der ersten sowie der endgültigen Version. Danach erfolgen Hinweise zur Durchführung, Auswertung und Interpretation, woran sich das Literaturverzeichnis und der Anhang anschließen. Das Manual ist insgesamt gut verständlich und strukturiert aufgebaut, wenngleich die theoretische Fundierung sehr kurz ist.

Da sowohl die Durchführung als auch die Auswertung des TKS vollständig standardisiert sind, sind Versuchsleitereffekte weitgehend auszuschließen und die Objektivität ist als ausreichend zu betrachten (vgl. ebd.: 18).

Laut den Autoren liegt der Cronbachs-Alpha-Wert als Maß der Reliabilität bei .767, weshalb von einer ausreichenden Inneren Konsistenz auszugehen ist (vgl. ebd.: 18). Weitere Angaben zur Reliabilität werden nicht gemacht.

Die Autoren gehen außerdem von einer guten Inhaltsvalidität aus, da der Test die im Alltag relevanten Dimensionen des Schätzens abprüft (vgl. ebd.: 18). Mittels Korrelationen mit anderen neuropsychologischen Testverfahren zeigte sich außerdem eine zufriedenstellende Konstruktvalidität (vgl. ebd.: 18).

Die endgültige Version des TKS wurde an einer Gruppe von 171 kognitiv unbeeinträchtigten Kontrollprobanden sowie 50 Alzheimerpatienten, 50 Patienten mit alkoholbedingtem Wernicke-Korsakow-Syndrom, 26 schizophrenen Patienten und 23 depressiven Patienten normiert (vgl. ebd.: 15). Die Gruppen werden im Manual hinsichtlich Altersgruppen, Geschlecht, Bildung und Beruf ausreichend beschrieben. Die Varianzanalyse zeigte einen Effekt für die Domäne *Gruppe*, während die übrigen Faktoren keinen signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse hatten (vgl. ebd.: 17).

Von den Autoren wird im Manual keine Angabe zur Durchführungsdauer angegeben, diese dürfte jedoch in Anbetracht der Anzahl der Items bei maximal 15 bis 20 Minuten liegen. Auch für die Auswertung werden keine Angaben gemacht, diese dürfte jedoch durch die simultane Aufzeichnung während der Durchführung bei maximal 10 Minuten liegen. Die Einarbeitungszeit in die Materialien wird auf ebenfalls 15 bis 20 Minuten geschätzt.

Der TKS kann zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit für 112,00 € im Internet erworben werden, wobei alle Bestandteile des Tests auch einzeln erhältlich sind (vgl. Testzentrale Hogrefe Verlag 2019d).

Der praktische Nutzen des TKS wird hoch eingeschätzt, da laut Autoren wenige Studien die Funktion des Schätzens einbeziehen und kein weiteres Testverfahren zum Thema im deutschsprachigen Raum vorliegt (vgl. Brand et al. 2002: 7). Kritisch betrachtet werden sollte die Alltagsrelevanz des Testverfahrens, die die Autoren in ihrem Manual zwar ansprechen, die jedoch hinsichtlich anderer neuropsychologischer Einschränkungen, insbesondere sprachlicher Auffälligkeiten zurückstehen sollte.

## **4.6 Aiblinger Akalkulie Screening (Keller & Maser 2004)**

### **4.6.1 Beschreibung des Verfahrens**

Das *Aiblinger Akalkulie Screening* (AAS) wurde 2004 von den Autoren Ingo Keller und Ingeborg Maser im *natverlag* herausgegeben.

Wie bereits der Name des Verfahrens angibt, handelt es sich laut Autoren um ein Screening, mit welchem Leistungseinschränkungen im Umgang mit numerischem Material eingeschätzt werden sollen (vgl. Roick 2007: 1). Die Bezeichnung entspricht der Definition von Beushausen (vgl. 2019: 38), die besagt, dass ein Screening einen groben Einblick in die Problembereiche des Patienten geben soll und nicht standardisiert ist.

Die Autoren machen keine genauen Angaben zum Geltungsbereich des Tests, richten das Augenmerk im Vorwort jedoch auf aphasische Patienten, die unter Akalkulie leiden (vgl. Keller & Maser 2004: 1). Sie weisen darauf hin, dass Patienten mit einer Hemiparese rechts die schriftlichen Aufgaben mit der linken Hand oder am PC durchführen können (vgl. ebd.: 3). Da keine Altersbereiche angegeben werden, wird die Anwendbarkeit durch die Altersstruktur der als Vergleichsgruppe genutzten Patientengruppe auf etwa 50 Jahre und älter geschätzt (vgl. Roick 2007: 7).

Das AAS besteht aus zwei verschiedenen Teilen, wobei der zweite Teil nur bei nahezu fehlerfreier Durchführung von Teil eins durchgeführt wird (vgl. Keller & Maser 2004: 2). Der erste Teil prüft daher „das sprachliche Verständnis und die mündliche und schriftliche Produktion in Bezug auf Zahlen/Ziffern, Zahlwörter und mathematische Zeichen“ (ebd.: 2). Der zweite Teil hingegen prüft ausschließlich alltagsnahe Rechenleistungen wie den Umgang mit Geld oder das Lesen eines Fahrplans (vgl. ebd.: 2).

Der erste Teil umfasst insgesamt vier Bereiche und beginnt mit dem Schreiben von Zahlen und Ziffern nach Diktat an insgesamt zehn Items (vgl. ebd.: 3). Daran schließt sich das laute Lesen von Zahlen und Ziffern sowie Jahreszahlen an, wobei zehn Zahlen und fünf Jahreszahlen gelesen werden sollen (vgl. ebd.: 3). Als nächste Aufgabe erfolgt das schriftliche Transkodieren von sieben Zahlen bzw. Ziffern zu Zahlwörtern, woran sich das umgekehrte schriftliche Transkodieren von Zahlwörtern in Zahlen und Ziffern in ebenfalls sieben Items anschließt (vgl. ebd.: 3). Als letzte Aufgabe des ersten Teils wird dann die Verarbeitung von Rechenzeichen überprüft, bei der der Patient Rechenzeichen in fünf vorgegebene Rechenaufgaben einsetzen muss (vgl. ebd.: 3). Der zweite Testteil umfasst ebenfalls vier Bereiche: *Umgang mit Geld*: Der Patient soll zunächst eine Schätzung abgeben, wie hoch die Gesamtsumme von sieben abgebildeten Lebensmitteln ist (vgl. ebd.: 29). Anschließend soll schriftlich ausgerechnet werden, wie hoch die Gesamtsumme wirklich ist (vgl. ebd.: 29). Danach soll der Proband im Kopf ausrechnen, wieviel Rückgeld er bekommt, bevor im Anschluss drei verschiedene Geldbeträge mit Münzen und Scheinen zusammengestellt werden soll (vgl. ebd.: 29).

*Umgang mit Zahlen und einfache Rechenoperationen*: Der Proband soll im Anschluss vier Zahlen in einen Taschenrechner eingeben (vgl. ebd.: 29). Daran anschließend soll der Patient ein Rezept für sechs Personen in Mengen für vier Personen umrechnen (vgl. ebd.: 29). *Ablesen der Uhr und Umgang mit Fahrplänen*: Als erste Aufgabe wird anhand von drei Analoguhren überprüft, ob der Patient verschiedene Uhrzeiten ablesen, nennen und aufschreiben kann (vgl. ebd.: 29). Anschließend erfolgen zwei Teilaufgaben zum Umgang mit einem Fahrplan, bei denen der Proband zunächst die nächste Bahn zu einem bestimmten Ziel auf dem Fahrplan finden muss (vgl. ebd.: 29). Anschließend soll ausgerechnet werden, wie lang die Wartezeit ist (vgl. ebd.: 29).

*Berechnen von Terminen und Daten:* Zunächst soll der Proband unter Angabe der Wartezeit beim Hausarzt ausrechnen, nennen und aufschreiben, wann er die Praxis verlässt, wobei eine volle Stunde überschritten wird (vgl. ebd.: 29). Im Anschluss soll der Patient drei Aufgaben zum Rechnen mit Daten lösen, wobei das Alter von Personen sowie Geburtsjahre berechnet werden sollen (vgl. ebd.: 29).

Die Aufgaben werden in oben vorgestellter Reihenfolge durchgeführt. Die Instruktionen werden dabei entweder akustisch oder visuell angeboten (vgl. ebd.: 3). Es werden außer den allgemeinen Anweisungen keine Hilfen gegeben, eine einmalige Wiederholung der Aufgabenstellung oder der einzelnen Aufgabe ist aber möglich (vgl. ebd.: 3). Selbstkorrekturen werden nicht als Fehler gewertet, Punkte abgezogen werden jedoch für sonstige Hilfen, die nicht genauer erklärt werden (vgl. ebd.: 3). Im ersten Testteil sind darüber hinaus keine Zeitbegrenzungen (vgl. ebd.: 3) und Abbruchkriterien vorgesehen (vgl. ebd.: 4). Der zweite Teil sollte laut der Autoren nur durchgeführt werden, wenn der Proband mindestens 12 Punkte im ersten Teil erreicht, da die Testwerte im zweiten Teil aufgrund der aphasischen Symptome nicht mehr interpretierbar sind (vgl. ebd.: 4). Im zweiten Teil sind bei einzelnen Aufgaben spezifische Hilfestellungen angegeben, die bei Anwendung jedoch zu einer niedrigeren Bewertung führen (vgl. ebd.: 29). Für jede Aufgabe wurde ein Zeitlimit von fünf Minuten festgelegt (vgl. ebd.: 29). Falls eine Aufgabe z. B. durch motorische Störungen nicht durchgeführt werden können, soll diese übersprungen werden (vgl. ebd.: 29). Der Testleiter darf dem Probanden unmittelbar nach jeder Aufgabe oder am Ende des Tests eine Rückmeldung über die Richtigkeit der Ergebnisse geben (vgl. ebd.: 29).

#### **4.6.2 Theoretische Fundierung**

Im Vorwort des AAS werden Bezüge zu mehreren kognitiv-psychologischen und neuroanatomisch-funktionalen Modellen zur Verarbeitung von Zahlen und beim Rechnen hergestellt (vgl. ebd.: 1). Konkret genannt wird dabei zwar keines der Modelle, doch die Autoren beschreiben als Gemeinsamkeiten, dass verschiedene numerische Aufgaben von unterschiedlichen Subsystemen ausgeführt werden (McCloskey, Caramazza & Basili 1985: 186). Nach einer Hirnschädigung können diese kognitiven Module in unterschiedlicher Weise beeinträchtigt sein (vgl. Keller & Maser 2004: 1). Trotz der Verbindung zu den Modelltheorien findet keine Zuordnung der einzelnen Aufgabentypen zu bestimmten Modulen der Modelle statt (vgl. Roick 2007: 12). Die Testkonstruktion des AAS unterliegt neben diesen modelltheoretischen Verweisen aber insbesondere auch „pragmatischen Überlegungen, um einerseits den Einfluss aphasischer Symptome zu bewerten (Teil 1 des AAS) sowie andererseits alltagsnahe Rechenleistungen zu prüfen (Teil 2 des AAS)“ (ebd.: 8 f.).



### 4.6.3 Auswertung und Klassifizierung

Bei der Auswertung des ersten Teils des AAS können in jedem Teilbereich jeweils maximal drei Punkte erreicht werden, wobei ausschließlich 0, 1, 2 oder 3 Punkte vergeben werden (vgl. ebd.: 4). Die einzelnen Protokollbögen enthalten Informationen darüber, wie die gezeigten Leistungen kodiert werden können (vgl. Roick 2007: 6), so werden bspw. drei Punkte vergeben, wenn alle Items richtig sind, zwei Punkte, wenn ein Item falsch ist, ein Punkt, wenn zwei Items falsch sind und null Punkte, wenn drei oder mehr Items falsch gelöst wurden. Die Ergebnisse können vom Testleiter während der Durchführung protokolliert und am Ende in den Gesamtprotokollbogen für beide Teile übertragen werden (s. a. Anhang 7, vgl. Keller & Maser 2004: 4). Aus den Ergebnissen kann anschließend ein Gesamtscore errechnet und erfasst werden, in welchem Bereich der Proband die größten Schwierigkeiten aufweist (vgl. ebd.: 4). Im zweiten Teil des AAS können in jedem Teilbereich acht Punkte erreicht werden, wobei jeweils entweder 0, 1 oder 2 Punkte vergeben werden (vgl. ebd.: 30). Auch in diesem Teil enthalten die einzelnen Protokollbögen Angaben über die Kodierung der erzielten Leistung. Für den zweiten Teil liegt außerdem eine Profilauswertung vor, in die die Ergebnisse der Unterbereiche eingetragen werden können (s. a. Anhang 8, vgl. ebd.: 30). In das Profil sind außerdem 5%- bzw. 25%-Quantile der Vergleichsgruppe von gesunden Älteren eingetragen, mit denen die Leistungen der Geprüften verglichen werden können (vgl. ebd.: 31). Ein Wert unterhalb dieses 25%-Quantils entspricht dabei einer Leistung, die weniger als 25% der Vergleichsgruppe erreicht haben (vgl. ebd.: 31).

### 4.6.4 Praktikabilität und Testgütekriterien

Der Testordner besteht aus einzelnen Blättern, die zunächst eine kurze Einleitung umfassen, an die sich Hinweise zum Testaufbau sowie zur Durchführung und Auswertung des ersten Teils anschließen. Daraufgehend sind die Aufgaben und Instruktionen für den Testleiter eingetragt, woran sich die Kopiervorlagen anschließen, auf dem der Patient die Aufgaben lösen bzw. auf denen der Testleiter die Ergebnisse protokollieren kann. Im Anschluss daran sind in gleicher Reihenfolge die Arbeitsblätter zum zweiten Testteil eingeordnet. Am Ende des Ordners finden sich die Kopiervorlage des Protokollbogens, auf dem der Gesamtscore für beide Testteile eingetragen wird, sowie ein Formblatt, auf dem die Profilauswertung für den zweiten Testteil eingezeichnet werden kann. Das letzte Blatt beinhaltet das Literaturverzeichnis. Für die Durchführung des gesamten Tests wird neben den Aufgaben- bzw. Protokollbögen Schreibmaterial benötigt (vgl. ebd.: 30). Für den zweiten Teil des Screenings werden Geldmünzen und -scheine sowie ein Taschenrechner mit Großtastatur benötigt (vgl. ebd.: 30).

Für den AAS liegt kein gesondertes Manual vor. Die theoretischen Grundlagen finden sich auf den ersten Seiten des Testordners, Durchführungs- und Auswertungshinweise

schließen sich an bzw. finden sich an anderer Stelle des Ordners. Die beschriebenen Informationen zur Handhabung des Tests sind insgesamt schlüssig und übersichtlich dargestellt. Zu kurz kommen im Material die Ausführungen über den theoretischen Hintergrund sowie über die Gütekriterien und Normierung, zu denen keine Angaben gemacht werden (vgl. ebd.: 12).

Zu den Gütekriterien finden sich im vorliegenden Material keine Angaben (vgl. Roick 2007: 12). Aufgrund der schriftlichen Instruktionen kann insgesamt allerdings von einer ausreichenden Durchführungsobjektivität ausgegangen werden (vgl. ebd.: 9). Die standardisierte Auswertung wird durch die Vorschriften zur Kodierung der Ergebnisse auf den Protokollbögen gesichert und ergibt eine hohe Auswertungsobjektivität (vgl. ebd.: 9). Um die Ergebnisse interpretieren zu können, werden Quantilwerte (5% und 25%) angegeben, die jedoch aufgrund der geringen Größe der Normierungsstichprobe als wenig aussagekräftig erscheinen und die Interpretationsobjektivität des AAS einschränken (vgl. ebd.: 9).

Hinsichtlich der Reliabilität des AAS werden keine Angaben gemacht (vgl. ebd.: 9).

Aus den Angaben der Normdaten des AAS konnten Gruppenvergleiche zwischen den Patientengruppen mit Hirnschädigungen (Patienten mit cerebrovaskulären Läsionen, Tumoresektionen und Schädel-Hirn-Traumata) und der Vergleichsgruppe gesunder Älterer bestimmt werden (vgl. ebd.: 9). Die Vergleiche zeigen eine gute Diskriminationsleistung des AAS und somit eine hohe Konstruktvalidität (vgl. ebd.: 9). Roick (vgl. 2007: 9) geht außerdem von einer ausreichenden Inhaltsvalidität aus, merkt aber gleichzeitig an, dass keine weiteren Angaben zur Gültigkeit des Tests gemacht werden.

Die Normierung des AAS wird im Testordner insgesamt nur sehr kurz erläutert und bedient sich hauptsächlich der Benutzung von Tabellen. Die Normierung des ersten Testteils wurde an einer Gruppe von 30 gesunden, älteren Personen vorgenommen und mit einer Patientengruppe (n=30) verglichen. Für den Gesamtrohwert des ersten Teils und die vier Untertests wurden jeweils zwei Standardnormwerte (5% und 25%) berechnet (vgl. ebd.: 11). Der zweite Testteil wurde mit einer Gruppe von ebenfalls 30 gesunden Älteren überprüft, während die Gruppengröße der Patientengruppe auf 45 erhöht wurde (vgl. Keller & Maser 2004: 31). Auch hier wurden Quantile für den Gesamtscore des Teils und die einzelnen Aufgabenbereiche gebildet (vgl. ebd.: 31). Zusammenfassend kann die Normierungsstichprobe als wenig umfangreich beschrieben werden und sollte im Verlauf durch weitere Daten ergänzt werden (vgl. Roick 2007: 12). Auch die Zusammensetzung der Stichproben sollten von den Autoren in einer möglichen Überarbeitung in das Material aufgenommen werden (vgl. ebd.: 12).

Die Durchführungsdauer wird von den Autoren für den ersten Teil auf 15 bis 25 Minuten festgelegt, wobei sie vom Schweregrad der Aphasie abhängig sein kann und keine zeitliche Begrenzung vorgesehen ist (vgl. Keller & Maser 2004: 3). Als Testzeit für den zweiten Teil

sind maximal 50 Minuten vorgesehen (vgl. ebd.: 30). Da die gezeigten Leistungen bereits während der Durchführung protokolliert werden können, wird die abschließende Auswertungszeit beider Testteile auf 10 bis 15 Minuten geschätzt (vgl. Roick 2007: 6). Der Anschaffungspreis zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit liegt bei 70,00 € für das gesamte Testmaterial (vgl. Testzentrale Hogrefe Verlag 2019a).

Die Einarbeitungszeit in die Materialien wird im Manual nicht angegeben und dürfte in etwa 30 bis 45 Minuten in Anspruch nehmen.

Laut Roick (vgl. 2007: 12) ist das AAS im Rahmen einer differenzierten diagnostischen Untersuchung nicht geeignet, kann aber als Screening oder therapiebegleitend zur Identifikation von Defiziten nützlich sein. Die Autoren selber geben an, dass der wesentliche Unterschied des AAS zu bestehenden Diagnostikverfahren zur Akalkulie die Überprüfung der alltagsnahen Leistungen ist, weshalb es auch Auskunft über die Selbstständigkeit eines Patienten geben kann (vgl. Keller & Maser 2004: 2).

## 4.7 Vergleich der Diagnostikverfahren

### 4.7.1 Allgemeine Informationen

Hinsichtlich der allgemeinen Informationen zu den Testverfahren, ist besonders die Betrachtung der Testarten von Bedeutung, die sich innerhalb der fünf vorgestellten Verfahren unterscheidet. Während EC 301 R, das Material *Störungen der Zahlenverarbeitung* und das *Aiblinger Akalkulie Screening* jeweils als Screening-Verfahren eingeordnet werden können, sind der ZRT und der TKS standardisierte Testverfahren, die der Darstellung von Beushausen (vgl. 2019: 38) entsprechen. Sie sind in Durchführung, Auswertung und Interpretation so detailliert beschrieben, dass sich Versuchsleitereffekte nahezu ausschließen lassen und sie durch eine ausreichend große Stichprobe erprobt wurden, weshalb auch die Gütekriterien erfüllt sind. Auffällig ist, dass die drei Verfahren, die als Screening-Verfahren eingeordnet werden, zwar ebenfalls standardisierte Instruktionen der Durchführung und auch genaue Hinweise zur Auswertung und Interpretation aufweisen, jedoch nur an einer geringen Anzahl an Probanden normiert wurden und teilweise keine Gütekriterien angegeben werden können.

Ferner sollen in diesem Unterkapitel inhaltliche Aspekte der Testverfahren verglichen werden, also welches Assessment welche Domänen der Zahlenverarbeitung und des Rechnens abprüft. Auffällig ist hierbei vor allem, dass das Material die einfachsten Komponenten der Zahlenverarbeitung abprüft und der Proband beispielsweise Ziffern und Zahlwörter zwischen Distraktoren identifizieren soll. Darüber hinaus werden viele Aufgaben angeboten, bei denen der Patient das Ergebnis aus einer Auswahlmenge heraus angeben soll,

während in den anderen Verfahren meist die eigenständige Produktion der Lösung verlangt wird.

Ebenso wie bei Hüttemann soll auch in EC 301 R eine Menge von Punkten abgezählt und die Anzahl verschriftlicht werden. Eine vergleichbare Aufgabe findet sich in den anderen Verfahren nicht. EC 301 R beinhaltet ebenso wie der ZRT auch eine Aufgabe zum Rückwärtszählen, die die anderen Verfahren nicht einschließen. Weitere gemeinsame Aufgaben, die nur in EC 301 R und dem ZRT zu finden sind, sind der Vergleich von Zahlenmengen, das schriftliche Rechnen und das perzeptive Schätzen (durch TKS). Der TKS vernachlässigt jedoch ebenso wie die anderen Verfahren das kontextuelle Schätzen, welches durch EC 301 R abgedeckt wird.

Auch hinsichtlich der Transkodierungsaufgaben zeigt sich der ZRT als vollständig, der als einziger die sechs verschiedenen Transkodierungswege überprüft, während die anderen Verfahren vier bzw. drei Routen testen. Als Alleinstellungsmerkmal beinhaltet der ZRT auch eine Aufgabe zum spaltenweisen Anordnen von Zahlen, während EC 301 R der einzige Test ist, der prüft, inwiefern der Patient Zahlen auf einem Zahlenstrahl anordnen kann. Aufgaben zum Kopfrechen sind Bestandteil aller Tests mit Ausnahme des AAS, welches jedoch insgesamt durch die alltagsnahen Übungen viele Komponenten abprüft, welche jeweils in den anderen Verfahren nicht bzw. nur in anderer Weise abgeprüft werden. In den meisten dieser alltagsrelevanten Aufgaben geht es auch das Ausführen von Rechenaufgaben, die jedoch in einem vorgegebenen Kontext und nicht auf der einfachsten Ebene durchgeführt werden sollen.

Zusammenfassend ergibt der inhaltliche Vergleich der Verfahren also, dass das Material von Hüttemann (1998) zunächst sehr einfache Übungen beinhaltet, während das AAS vor allem alltagsnahe Rechenleistungen abprüft, die daher auch auf einer gehobenen Ebene stattfinden. EC 301 und der ZRT (mit TKS) sind inhaltlich sehr ähnlich, wenngleich der ZRT in der Gesamtheit als umfassender zu sehen ist.

#### **4.7.2 Theoretische Fundierung**

Alle vorgestellten Diagnostikverfahren beziehen sich mehr oder minder auf die in dieser Arbeit vorgestellten Modelle zur Zahlenverarbeitung. Alle Autoren setzen dabei jedoch unterschiedliche Schwerpunkte, an welches Modell sie sich anlehnen und wie der Zusammenhang mit den zugrunde liegenden Theorien dargestellt wird. Recht deutlich wird der modellbasierte Aufbau des Diagnostikverfahrens beim ZRT, der sich am Modell von Cipolotti und Butterworth orientiert (vgl. Kalbe et al. 2002: 10). Die im Modell postulierten Verarbeitungskomponenten für Zahlen werden in den einzelnen Aufgaben abgeprüft und am Ende des Manuals beispielhaft interpretiert, wobei das Modell dabei schrittweise durchgearbeitet werden kann. Sehr ausführlich wird auch im Material *Störungen der Zahlenverarbeitung* von

Hüttemann der theoretische Hintergrund und die modellbasierte Konstruktion des Verfahrens vorgestellt. Der Autor gibt einen groben Überblick über die wichtigsten Modelle und ein Zusammenhang zu den einzelnen Aufgaben wird insbesondere bei der Analyse der gezeigten Fehlerarten des Probanden sichtbar, die sich auf die Annahmen aus den vorgestellten Modellen beziehen. Insgesamt könnte die Darstellung dieser Zusammenhänge jedoch noch deutlicher gemacht werden, da erst nach eingehender Analyse der Auswertungsgegebenheiten deutlich wird, inwiefern die Fehlerart auf die Modelle bezogen werden kann.

Wie bereits im entsprechenden Unterkapitel dargestellt, ist auch EC 301 R ein modellbasiertes Testverfahren, das sich laut Autorin insbesondere auf theoretische Modelle von McCloskey et al. bezieht (vgl. Claros Salinas 1994: 3). Dieses oder etwaige andere Modelle werden im theoretischen Vorlauf der Handanweisung jedoch nicht dargestellt. In der entsprechenden Literatur werden vor allem die verschiedenen, selektiv störbaren Transkodierungsrouten vorgestellt, die anhand der Transkodierungsaufgaben der EC 301 R abgeprüft werden können. Der Zusammenhang zum Modell hätte jedoch auch in diesem Verfahren noch deutlicher dargestellt werden können.

Auch das AAS bezieht sich auf mehrere Modellvorstellungen, die jedoch auch hier nicht genauer dargestellt werden. Trotz der Verbindung zu den Modelltheorien findet außerdem keine Zuordnung der einzelnen Aufgabentypen zu bestimmten Modulen der Modelle statt (vgl. Roick 2007: 12).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich alle hier vorgestellten Verfahren in verschiedener Weise auf Modelle der Zahlenverarbeitung stützen, die davon ausgehen, dass es selektiv störbare Module in den Modellen gibt, die unabhängig voneinander funktionieren. Diese sollen mit Hilfe der Diagnostikverfahren überprüft werden, sodass gestörte Module in den Modellen einfach identifiziert werden können. Leider fehlt häufig die konkrete Darstellung, wie ein Aufgabentyp mit einem bestimmten Teil eines Modells zusammenhängt.

### **4.7.3 Auswertung und Klassifizierung**

Auch die Auswertung der Diagnostikverfahren unterscheidet sich teilweise erheblich, da lediglich im Material von Hüttemann eine qualitative Auswertung vorgesehen ist. Es wird zum Beispiel unterschieden zwischen nahen und weiten Ablenkern, sowie phonologischen, morphologischen und syntaktischen Fehlern, die jeweils mit einem Beispiel erklärt werden. Auf einem Formblatt der Endauswertung können die Fehler je nach Art zusammengefasst aufgeschrieben und eine Fehlerrate in Prozent errechnet werden. Außerdem kann eine qualitative Auswertung der Transkodierungsrouten gemacht werden, indem intakte und gestörte Wege jeweils in unterschiedlicher Farbe auf einem Formblatt eingezeichnet werden.

Darüber hinaus werden auch die Fehlerzahlen der einzelnen Aufgabentypen aufgezeichnet, diese können jedoch nicht mit Hilfe von Vergleichsdaten interpretiert werden, sodass eine Aussage darüber getroffen werden kann, welche Aufgabentypen besonders große Schwierigkeiten hervorgerufen haben. Eine ähnliche quantitative Auswertung wird auch in der EC 301 R und dem AAS durchgeführt. Auch hier werden die jeweiligen Werte der einzelnen Aufgaben zusammengerechnet bzw. zur Aufgabentypen zusammengezählt, sodass jedoch lediglich darauf geschlossen werden kann, in welchem Bereich der Patient die größten Schwierigkeiten aufweist und Therapieangebote benötigt. Außerdem wird ein Gesamtscore errechnet, welcher jedoch nicht interpretierbar ist, da keine Vergleichswerte oder Cut-Offs angegeben werden. Der Gesamtscore des ersten Teils des AAS ist nur insofern zu beurteilen, dass der zweite Teil nur bei einer Gesamtpunktzahl von mindestens 12 (von 18) Punkten durchgeführt werden sollte. Zum zweiten Teil liegt hingegen eine Profilauswertung vor, die mit Hilfe von Quantil-Werten eine Auskunft darüber gibt, ob ein Ergebnis auffällig, deutlich auffällig oder unauffällig ist.

Eine ausführliche Schweregradeinteilung erfolgt somit lediglich beim ZRT, der bei allen einzelnen Aufgabentypen, den jeweiligen Teilen Zahlenverarbeitung und Rechnen und der Gesamtleistung eine Auskunft darüber gibt, ob der Patient im Normalbereich liegt oder ob es sich um eine leichte, mittlere oder schwere Beeinträchtigung handelt. Diese Interpretation ist möglich, da aus den Rohwerten Wertpunkte errechnet werden können, die anschließend den Beeinträchtigungsgrad angeben. Aus den Wertpunkten ergibt sich damit ebenfalls ein Leistungsprofil, anhand dessen abgeleitet werden kann, welche Aufgabentypen besonders behandlungsbedürftig sind. Zur besseren Übersicht sind in Anhang 1 bis 8 die entsprechenden Auswertungsprotokolle der Diagnostikverfahren dargestellt.

#### 4.7.4 Praktikabilität und Testgütekriterien

In der folgenden Tabelle sind die Kriterien hinsichtlich Praktikabilität und Testgüte der jeweiligen Verfahren dargestellt, die abschließend beispielhaft noch einmal zusammengefasst und gegenübergestellt werden sollen.

Tabelle 3: Vergleich von Praktikabilität und Testgütekriterien der Verfahren

	<b>EC 301 R</b>	<b>SZV</b>	<b>ZRT + TKS</b>	<b>AAS</b>
<b>Testmaterial</b>	Testmappe mit Handanweisung, Untersuchungsprotokoll, Bewertungsbogen, 16	Ringordner mit Kopiervorlagen und Auswertungsbögen	ZRT: Testmappe mit Manual, Protokollheft, Testheft, Auswertungsprotokoll,	Ringordner mit Kopiervorlagen und Auswertungsbögen, außerdem notwendig:

	Vorlagen, 14 Antwortbögen		Leistungsprofil, 9 Vorlagen, TKS: Testmappe mit Manual, Testbo- gen und Ring- buch mit Bild- vorlagen	Geldmünzen und -scheine und Taschen- rechner
<b>Manual</b>	Handanweisung stringent, Anga- ben zur Origi- nalversion feh- len, theoreti- sche Grundla- gen sehr kurz	Begleitheft mit sehr ausführli- chem theoreti- schem Hinter- grund, teilweise fehlerhaft	ZRT: Gesonder- tes, ausführli- ches Manual mit vielen Informati- onen, TKS: kurz gehaltenes Ma- nual, jedoch vollständig	Kein gesonder- tes Manual, the- oretischer Hin- tergrund sehr kurz
<b>Objektivität</b>	Alle Arten der Objektivität sind als gegeben zu bewerten	Durchführungs- objektivität ge- geben, Auswer- tungs- und Inter- pretationsobjek- tivität fraglich	ZRT + TKS: Alle Arten der Objek- tivität sind als gegeben zu be- werten	Durchführungs- und Auswer- tungsobjektivität ausreichend, In- terpretationsob- jektivität fraglich
<b>Reliabilität</b>	k. A.	k. A.	ZRT: Re-Test- Reliabilität hoch, TKS: In- nere Konsistenz hoch, keine wei- teren Angaben	k. A.
<b>Validität</b>	k. A.	k. A.	ZRT: Angemes- sene Validität in allen Bereichen, TKS: Gute In- halts- und Kon- struktvalidität	Konstruktvalidi- tät hoch Inhaltsvalidität ausreichend
<b>Normierung</b>	An nicht revi- dierter Fassung,	k. A.	ZRT: Gesunde Kontrollgruppe	Gesunde, ältere Personen

	Gesunde Kontrollgruppe (n=159)		(n=114), Patientengruppe mit unterschiedlichen neuropsychologischen Beeinträchtigungen (n= 98) TKS: Gesunde Kontrollgruppe (n=171), Patientengruppe s. a. ZRT (n=149)	(n=30) und Patientengruppe (n=30 bzw. 45)
<b>Durchführungszeit</b>	Max. 60 Minuten	30-45 Minuten	ZRT: 30-35 Minuten, TKS: 15-20 Minuten, insgesamt: 45-55 Minuten	Teil 1: 15-25 Minuten Teil 2: max. 50 Minuten Insgesamt: 65-75 Minuten
<b>Auswertungszeit</b>	15-30 Minuten	30-60 Minuten	ZRT: 10 Minuten, TKS: 10 Minuten, insgesamt 20 Minuten	10-15 Minuten
<b>Anschaffungspreis</b>	k. A.	Testmappe: 88,79 € eBuch: 55,00 €	ZRT: 133,00 €, TKS: 112,00 €, insgesamt: 245,00 €	70,00 €
<b>Einarbeitungszeit</b>	45-60 Minuten	Ca. 60 Minuten	ZRT: 30-45 Minuten, TKS: 15-20 Minuten, insgesamt: 45-65 Minuten	30-45 Minuten
<b>Nützlichkeit</b>	Mittelgradig, da der ZRT inhaltlich ähnlich ist und die dort Ergebnisse	Hoch, da er durch die qualitative Auswertung direkte Hinweise auf	ZRT: sehr hoch, da es Grad der Beeinträchtigung angibt, TKS: sehr hoch,	Hoch, da er durch die Einbeziehung der alltagsrelevanten Aufgaben



	interpretierbar und vergleich- bar sind	mögliche Ziele und Inhalte der Therapie geben kann	da es das ein- zige Verfahren zum kognitiven Schätzen ist	direkte Hin- weise auf mögli- che Ziele und Inhalte der The- rapie geben kann
--	---	---	--	--

Quelle: Eigene Darstellung

Bezüglich des Materials ist bei jedem Diagnostikverfahren Schreibwerkzeug vonnöten, um die Ergebnisse aufzuzeichnen. Zusätzliches Material wird lediglich bei der Durchführung des AAS in Form von Geldmünzen und -scheinen, sowie einem Taschenrechner mit Großtastatur benötigt.

Große Unterschiede zwischen den Verfahren bestehen hinsichtlich der Gütekriterien, die außer im ZRT und TKS nicht in den Handanweisungen angegeben und somit auch nicht erhoben wurden. Da alle Tests mehr oder weniger in Durchführung, Auswertung und Interpretation standardisiert wurden, ist zumindest von einer ausreichenden Objektivität, also Unabhängigkeit vom Untersuchenden auszugehen. Dass jedoch in allen drei weiteren Verfahren keine empirischen Belege zur Testgüte dargestellt werden, ist äußerst ungünstig und genügt nicht den „methodischen Qualitätsansprüchen“ (Fimm 2019: 772). Die im ZRT dargestellten Werte zeigen sich als zufriedenstellend (vgl. Wolff 2003: 11 f.).

Auch in Bezug auf die Normierung zeigen sich recht große Unterschiede zwischen den Verfahren. Während das Material von Hüttemann keiner Normierung unterzogen wurde, wurden mit dem AAS eine Kontrollgruppe mit 30 Personen, sowie eine Patientengruppe mit 30 bzw. 45 Personen getestet, was jedoch insgesamt als eher kleiner Stichprobenumfang bewertet werden kann (vgl. Roick 2007: 12). Ausreichend große Stichproben können der EC 301 R und dem ZRT sowie TKS zugebilligt werden, die jeweils bei etwa 100 getesteten Personen bzw. darüber liegen.

Recht ähnlich zeigt sich die Durchführungszeit der Diagnostikverfahren, die sich bei SZV mit maximal 45 Minuten am kürzesten gestaltet. Führt man ZRT und TKS einzeln durch, liegt deren Durchführungsdauer jedoch noch darunter, ebenso wie der erste Teil des AAS, dessen zweiter Teil ja nur bei ausreichender Leistung durchgeführt werden sollte. Bei der Durchführung beider Teile kann die maximale Dauer aller Tests erreicht werden.

Große Ungleichheiten bestehen hinsichtlich der Auswertungszeit, die bei EC 301, ZRT und TKS sowie AAS mit einer Dauer von maximal 30 Minuten als recht kurz zu bezeichnen ist. Für das Material von Hüttemann muss hingegen eine Auswertungszeit von bis zu einer Stunde angesetzt werden, die jedoch von der jeweiligen Kenntnis des Übungsleiters abhängig ist, da dieser jeden Fehlertyp erkennen und vermerken muss.

Auch der Anschaffungspreis der einzelnen Testverfahren zeigt recht große Differenzen. Während das AAS bereits für 70,00 € zu erwerben ist, kostet das Material von Hüttemann ebenfalls lediglich ca. 90,00 €, was im Vergleich zu ZRT und TKS als günstig bezeichnet werden darf. Separat betrachtet kostet der ZRT 133,00 € und der TKS 112,00 €, was einen Gesamtbetrag von 245,00 € ergibt und somit erheblich über dem Preis der anderen Verfahren liegt. Beachtet werden muss an dieser Stelle, dass für EC 301 R kein Preis ermittelt werden konnte, da sie zur Zeit der Erstellung dieser Arbeit nicht im freien Verkauf angeboten wurde.

Wie bereits in der Tabelle dargestellt wird, ist die Nützlichkeit fast aller Verfahren als hoch anzusehen, da jedes Verfahren einen eigenen inhaltlichen Schwerpunkt setzt oder Ergänzungen zu bestehenden Verfahren liefert, die das Vorhandensein des Tests legitimieren. EC 301 R ist das einzige Verfahren nach aktuellem Stand, das als am wenigsten nützlich angesehen werden muss, da es inhaltlich sehr ähnlich zum ZRT ist und dieser darüber hinaus den Grad der Beeinträchtigung bestimmen kann, was laut Beushausen (vgl. 2019: 50) ein wichtiges Ziel der Diagnostik ist. Da es jedoch zum Zeitpunkt der Veröffentlichung das erste Verfahren zum Themenbereich Zahlenverarbeitung und Rechnen war, hat es sicherlich auch hinsichtlich der Modellbasis einen wichtigen Grundstein für die weitere Entwicklung von Diagnostikverfahren gelegt. Das SZV ist das einzige vorgestellte Verfahren, was das Augenmerk besonders auf die gemachten Fehlerarten des Patienten legt und damit wichtige Indikatoren für die Therapie aufzeigen kann. Das AAS hingegen überprüft als einziges die alltagsnahen Leistungen, die im Hinblick auf Zahlenverarbeitung und Rechnen wichtig sind. In Bezug auf die Alltagsrelevanz hat es somit ein Alleinstellungsmerkmal und kann als sehr nützlich bezeichnet werden.

## 5 Diskussion

### 5.1 Methodendiskussion

Zu Beginn der Diskussion soll das methodische Vorgehen der Arbeit kritisch reflektiert sowie erörtert werden, inwieweit die Aussagen in den logopädischen Alltag zu übertragen sind. Anschließend erfolgt eine zusammenfassende Einschätzung und Bewertung des Forschungsstandes, der sich insbesondere auf der Grundlage der recherchierten Diagnostikverfahren ergibt. An dieser Stelle wird auch über Gründe spekuliert, die möglicherweise für das Bestehen bestimmter Forschungslücken ursächlich sind. Als Abschluss erfolgt ein Ausblick auf mögliche weitere Forschungsvorhaben zum Thema Akalkulie und die sprachtherapeutische Praxis.

Das methodische Vorgehen der Arbeit wurde in einen zweigliedrigen Rechercheprozess aufgeteilt, wobei die Ergebnisse im Sinne einer „systematische[n] Literaturübersicht“ (Res-sing et al. 2009: 457) zusammengestellt und so zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage (vgl. Kap. 1.2) herangezogen werden. Zur Erarbeitung des theoretischen Hintergrundes, der die Grundlage der drei anderen Forschungsfragen bildet, wurde eine „selektive Literaturübersicht“ (ebd.: 457) erstellt. Ziel der Arbeit war es dabei, die im deutschen Sprachraum verfügbaren Diagnostikverfahren zur Akalkulie zu identifizieren und diese einer kritischen Analyse zu unterziehen, die mit Hilfe vorher festgelegter Bewertungskriterien durchgeführt wurde.

Das methodische Vorgehen für dieses beschriebene Ziel kann insgesamt als angemessen betrachtet werden. Mit den Ergebnissen dieser Arbeit liegt somit eine Übersicht über die vorhandenen Diagnostikverfahren vor, die zusätzlich kritisch betrachtet und verglichen wurden. Dennoch können sowohl im Hinblick auf das gewählte Forschungsdesign als auch auf die Durchführung der Arbeit einige Aspekte differenziert betrachtet werden:

Obwohl sich das Forschungsdesign einer Übersichtsarbeit in Anbetracht der Identifikation von Diagnostikverfahren zur Zahlenverarbeitung und des Rechnens als ein geeignetes Format für die Arbeit herausgestellt hat, um die wichtigsten Ergebnisse zu dem Thema übersichtsweise zusammenzutragen, können bestimmte Schritte von dem Forschungsdesign nicht geleistet werden, da keine Evidenzen hinsichtlich der Diagnostikverfahren gefunden werden konnten. So mussten insbesondere die Schritte vier bis sechs der acht empfohlenen Schritte nach Uman (vgl. 2011: 57 f.) verändert werden, indem statt der angegebenen Studien die Diagnostikverfahren ausgewählt, die Daten, d.h. die inhaltlichen Informationen sowie Angaben zur Testgüte hieraus extrahiert wurden und die Qualität der Verfahren anhand der vorher aufgestellten Kriterien nach Beushausen (vgl. 2019: 30) gemessen wurde. Da in dieser Arbeit das Augenmerk auf der Identifikation von geeigneten Diagnostikverfahren lag, war das Forschungsdesign dennoch angemessen, da eine systematische Übersichtsarbeit einen schnellen Überblick zu einem bestimmten Thema leisten soll (vgl. Res-sing et al. 2009: 462) und eine auf die Forschungsfrage ausgelegte Schlussfolgerung ziehen möchte (vgl. Armstrong et al. 2011: 148). Damit unterscheidet sie sich grundlegend zum Beispiel von einem Scoping Review, mit dem insbesondere Forschungslücken aufgedeckt werden sollen, was in dieser Arbeit jedoch nicht primär im Vordergrund stand (vgl. ebd.: 148).

Außerdem kann kritisch betrachtet werden, dass einige der ausgewählten Kriterien nach Beushausen (vgl. 2019: 30) sehr subjektiv ausgelegt sind und diese in dieser Arbeit daher mit Bedacht zu betrachten sind. Dazu gehört insbesondere die Darstellung des Manuals, welches hinsichtlich seiner Verständlichkeit, Vollständigkeit und Gliederung geprüft und beschrieben werden sollte. Da durch die Recherche keine Arbeiten zur Bewertung von

Testhandbüchern identifiziert werden konnten, wurde diese lediglich durch die Autorin dieser Arbeit vollzogen, welche sich damit auf ihre eigenen Erfahrungen von anderen Manua-len aus dem Bereich der Sprachtherapie berufen musste.

Insgesamt hätten die Testverfahren auch an realen Probanden angewendet werden kön-nen, um auch praktische Hinweise auf die Durchführung und die Nutzung des Materials zu bekommen und so zu einer ausführlicheren und stichhaltigeren Bewertung zu kommen. Auf die Durchführung wurde jedoch verzichtet, da der Zeitaufwand im Vergleich zum Nutzen zu hoch gewesen wäre.

Weiterhin kritisch zu betrachten ist die Bearbeitung des theoretischen Hintergrundes, da dieser Teil nur auf einer reduzierten Auswahl an Quellen basiert und daher nur einen be-grenzten Überblick über den neuropsychologischen Forschungsstand zur Zahlenverarbei-tung und zum Rechnen geben kann. Vor allem der Abschnitt zu den Modelltheorien mag dabei als unvollendet angesehen werden, da nur solche Modelle in die Arbeit aufgenommen werden konnten, die als Basis für die Diagnostikverfahren gedient haben. Sicherlich gibt es noch sehr viele weitere Zahlenverarbeitungsmodelle, von denen einige in den Verfahren auch genannt werden, die jedoch aufgrund des vorgegebenen Rahmens nicht in die vorlie-gende Arbeit aufgenommen werden konnten.

Kritisch betrachtet werden kann auch, dass nur die entsprechenden veröffentlichten Diag-nostikverfahren an sich verglichen wurden und kein Vergleich zu weiteren Verfahren im deutschen Raum, wie der Münchner Akalkulie Prüfung (Claros Salinas 1993), die nicht ver-öffentlicht wurde, durchgeführt wurde. Dieses Verfahren wurde lediglich in entsprechenden Fachbüchern als geeignete berufsbezogene Diagnostik vorgestellt. Dieses Vorgehen wird damit begründet, dass weitere Materialien nicht bezogen werden konnten und sich auch die Literaturrecherche in diesem Bereich als unzureichend erweist. Gerade vor dem Hinter-grund, dass mehrere Autoren (vgl. Schneider et al. 2014: 119, Willmes & Klein 2014: 144) von Zusammenfassungen zur Akalkulie die Münchner Akalkulie Prüfung empfehlen, wäre es jedoch wünschenswert gewesen, diese ebenfalls in den Vergleich mit einzubeziehen. Denkbar wäre auch der Vergleich zu weiteren Diagnostikverfahren im englischen Sprach-raum gewesen, aus dem mehrere Verfahren mit einer ausführlichen Modellbasis identifiziert werden konnten. Auf die Einbeziehung dieser wurde jedoch aus den bereits genannten Gründen, dass die Kodierungen der Zahlwörter laut- und schriftsprachlich erheblich vonei-ander differieren (vgl. Claros Salinas 1994: 2), verzichtet. Ein Vergleich anderssprachiger Diagnostikverfahren wäre so erheblich zeitaufwändiger gewesen und hätte zudem inhaltlich zu weit geführt. Denkbar wäre auch ein umfassender Vergleich mit den Diagnostikverfahren zur kindlichen Dyskalkulie gewesen, da zu diesem Themenbereich eine große Bandbreite an veröffentlichten Testverfahren vorliegt. Auch an dieser Stelle musste unter anderem aus Zeit- und Rahmenvorgaben auf eine Einbeziehung verzichtet werden. Darüber hinaus

vertreten gegenwärtig einige Autoren die Auffassung, dass die beschriebenen Erwachsenenmodelle zur Zahlenverarbeitung nicht auf das Kindesalter übertragbar sind, und Defizite der Zahlenverarbeitung und des Rechnens anderweitige Erklärungsansätze benötigen (vgl. Karmiloff-Smith 1997: 513, vgl. Ansari 2010: 123).

Neben diesen möglichen Vergleichen mit Diagnostikverfahren aus anderen Bereichen wäre auch ein umfassenderer inhaltlicher Vergleich der in dieser Arbeit vorgestellten Diagnostikverfahren möglich gewesen. Auf diesen wurde verzichtet, da nicht klar beantwortet werden kann, ob ein Diagnostikverfahren als qualitativ hochwertiger eingestuft werden kann, je mehr Komponenten es überprüft. Eine kurze inhaltliche Gegenüberstellung wurde in der im folgenden Kapitel dargestellten Ergebnisdiskussion vorgenommen.

## 5.2 Ergebnisdiskussion

Die Recherche der Diagnostikverfahren ergab, dass im deutschsprachigen Raum insgesamt vier ausführliche (ohne TKS) Testverfahren veröffentlicht wurden, die einen Einblick in die Zahlenverarbeitung und das Rechnen bei Patienten mit einer Hirnschädigung liefern können. Die vorliegenden Diagnostikverfahren sind dabei jedoch überraschend alt, das Neueste stammt aus dem Jahr 2004 und ist somit bereits älter als 15 Jahre. Warum in den letzten Jahren keine neuen Testverfahren zu Akalkulie zur Veröffentlichung gebracht wurden, ist eine wichtige Frage dieses Forschungsgebietes. Denn nicht nur die identifizierten Diagnostikverfahren sind sehr alt, sondern auch sehr viele andere Literaturquellen, insbesondere solche, die Modelle zur Zahlenverarbeitung und zum Rechnen behandeln. Ob und inwiefern neue Modellansätze zum Thema vorliegen, kann und sollte mit dieser Arbeit nicht behandelt werden, es wird jedoch deutlich, dass diese aufgrund der fehlenden Aktualität der Testverfahren bisher nicht in die Diagnosestellung und somit auch nicht in die Durchführung einer Therapie einbezogen werden können.

Wichtig ist in dieser Hinsicht auch, dass zu den vorliegenden Diagnostikverfahren keinerlei Evaluationsstudien durchgeführt wurden, die von anderer Seite die Testgütekriterien und die Aussagekraft der Assessments überprüfen. Insbesondere diejenigen Testverfahren, die bisher gänzlich ohne Gütekriterien vorliegen, sollten diese dringend in das Manual aufnehmen (vgl. Roick 2007: 12) und somit nachträglich überprüfen, inwieweit das Diagnostikverfahren die methodischen Qualitätsansprüche erfüllen kann.

Wie bereits im vorangegangenen Kapitel dargestellt wird, hätte eine umfassendere inhaltliche Analyse der Diagnostikverfahren stattfinden können, indem sie beispielsweise mit den empfohlenen Aufgabenbereichen von Ardila und Rosselli (vgl. 2002: 220; s. a. Abb. 2) verglichen werden. Ein kurzer Überblick zeigt, dass der ZRT inklusive TKS und EC 301 R von den vier vorgestellten Verfahren die meisten der empfohlenen Aufgabenbereiche abbilden,

jedoch ebenfalls nicht alle genannten. Beispielsweise wird in allen Verfahren die Verarbeitung von römischen Zahlen in den verschiedenen Aufgaben gänzlich außer Acht gelassen, ebenso wie das Bruchrechnen. Ein Erklärungsansatz an dieser Stelle ist, dass zwar jedes Verfahren einen möglichst genauen Einblick in die Störungsbereiche des Patienten geben soll, dies jedoch auch im Sinne einer ökonomischen Durchführung geschehen sollte. Vermutlich wurde aus diesem Grund auf einige der empfohlenen Komponenten verzichtet und zwar auf eben jene, die die geringste Alltagsrelevanz aufweisen (vgl. Hüttemann 1998a: 7). Im theoretischen Hintergrund wurde bereits dargestellt, dass Akalkulien nicht, wie es beispielsweise bei Aphasien der Fall ist, in Syndrome eingeteilt werden (vgl. Wehmeyer & Grötzbach 2014: 51). Mit der Bachelorarbeit soll dennoch untersucht werden, inwieweit Akalkulien hinsichtlich ihrer Symptomatik klassifiziert und eingeteilt werden können. Im theoretischen Hintergrund wurden die möglichen Klassifikationssysteme von Berger, Hecaén sowie Boller und Grafmann aufgezeigt und die Unterscheidung nach Symptomen von Willmes dargestellt. Da sich die Einteilung nach Berger vor allem auf die physiologischen Gegebenheiten eines Patienten stützt und keine Klassifizierung hinsichtlich der ausgeprägten Symptomatik vornimmt (vgl. 1926: 241 ff.), kann diese nicht durch die vorliegenden Diagnostikverfahren geleistet werden.

Die weiteren Einteilungen nach Hecaén und Boller und Grafmann sind zwar möglich, werden in den Diagnostikverfahren jedoch nicht eindeutig vorgesehen. Insgesamt sehen die Verfahren mit Ausnahme des ZRT keine eindeutige Klassifizierung vor. Der ZRT bietet Aufgaben an, die eindeutig entweder dem Bereich *Zahlenverarbeitung* oder *Rechnen* zugeordnet werden können. Der Themenbereich *Rechnen* kann somit theoretisch beiden Klassifikationssystemen zugeordnet werden. Bei Hecaén würde der Bereich als Anarithmethie bezeichnet, also der gestörten Ausführung von Rechenoperationen (1961, zit. nach Willmes 2006: 451). Bei Boller und Grafmann entspricht der Bereich Rechnen den Problemen beim mathematischen Denken und dem Verständnis von mathematischen Rechenoperationen, während die Zahlenverarbeitung in etwa dem Erinnern und Abrufen von mathematischem Faktenwissen entspricht (vgl. 1985, zit. nach ebd.).

Warum die Autoren der einzelnen Diagnostikverfahren allgemein auf die Klassifizierungsmöglichkeiten verzichten, kann abschließend nicht sicher beantwortet werden. Möglicherweise sehen die Verfasser keine Notwendigkeit einer Einteilung, da die Testverfahren Hinweise auf mögliche Schwierigkeiten geben sollen, um eine störungsspezifische Therapie einleiten zu können. Für dieses Ziel ist es daher wichtiger, die Symptomatik genauer zu betrachten, also die einzelnen Komponenten von Zahlenverarbeitung und Rechnen zu überprüfen, da jede Komponente laut der Modellvorstellungen auch selektiv beeinträchtigt sein kann.

Große Unterschiede in den Diagnostikverfahren bestehen außerdem hinsichtlich der Testgütekriterien, die bei einigen Verfahren sehr kritisch betrachtet werden müssen, da teilweise keine Angaben zu diesem Bereich gemacht werden und somit die Aussagekraft des Verfahrens angezweifelt werden darf. In den Bewertungen der Testverfahren wird daher eindringlich empfohlen, diese nachzuholen und in das Manual mitaufzunehmen. Hierzu sollte jedoch auch noch einmal die Zielsetzung eines jeden einzelnen Verfahrens überprüft und so abgewogen werden, ob eine Untersuchung der Testgüte wirklich vonnöten ist. Betrachtet man in diesem Kontext beispielsweise das Material *Störungen der Zahlenverarbeitung* von Hüttemann, so ist es völlig unerheblich, wie das Material bei mehrmaliger Testung oder verschiedenen Testern abschneidet, denn das Ziel des Verfahrens ist die Identifikation von Schwächen in der numerischen Informationsverarbeitung, sodass gezielt Fördermaßnahmen in diesem Bereich eingeleitet werden können (vgl. Wolff 2002: 10). Während an dieser Stelle das Fehlen der Testgütekriterien in Ordnung scheint, sind diese aufgrund der Zielsetzung des ZRT in diesem unverzichtbar. Das Ziel des ZRT ist es, als erstes standardisiertes Diagnostikverfahren im deutschsprachigen Raum eine Abstufung verschiedener Beeinträchtigungsgrade vornehmen zu können (vgl. Kalbe et al. 2002: 7). Betrachtet man in dieser Hinsicht auch noch einmal die eingangs dargestellten Hauptziele der Testung der Rechenfähigkeit und der Zahlenverarbeitung von Ardila und Rosselli (vgl. 2003: 215), so wird deutlich, dass keines der in dieser Arbeit vorgestellten Diagnostikverfahren alle vier Ziele erfüllt. Die Akalkuliediagnose kann z. B. nur mit Hilfe des ZRT gestellt werden, da hier Cut-Off-Werte angegeben werden. Dieser wiederum lässt jedoch keine ausführlichen Schlüsse zu, welche Fehlerarten vorliegen, was in besonderem Maße mit dem Material von Hüttemann beantwortet werden kann.

### 5.3 Schlussfolgerungen und Ausblick

Trotz der dargestellten Einschränkungen sowie möglicher inhaltlicher Erweiterungen in der Zukunft, erfüllt die Arbeit insgesamt dennoch den Anspruch einer Übersichtsarbeit, die einen zusammenfassenden Überblick über die bestehenden Diagnostikverfahren zur Zahlenverarbeitung- und Rechenstörung gibt und diese kritisch analysiert.

Eine abschließende uneingeschränkte Empfehlung zu geben, welches Diagnostikverfahren zur Akalkulie als das Beste anzusehen ist, ist aufgrund der hier diskutierten Ergebnisse nicht möglich, da jedes einzelne Verfahren unterschiedliche Ziele und damit auch Schwerpunkte setzt. Die Eignung eines Verfahrens ist somit stark abhängig von der Intention des Testenden und sollte daher gewissenhaft ausgewählt werden. Während der ZRT verschiedene Beeinträchtigungsgrade unterscheiden kann, gibt das Material *Störungen der Zahlenverarbeitung* von Hüttemann detaillierte Hinweise auf die verschiedenen Fehlerarten und

verfügt zusätzlich über einen ausführlichen Therapieteil. Der AAS beinhaltet hingegen als einziges Verfahren einen großen Teil von alltagsnahen Aufgaben. Welches Verfahren zur Überprüfung der Zahlenverarbeitung und des Rechnens angewendet werden sollte, ist somit abhängig von der Fragestellung. Darüber hinaus kann es sicherlich hilfreich sein, mehrere Verfahren anzuwenden, um ein differenziertes klinisches Bild über die Symptomatik des Patienten zu bekommen und daraus geeignete Therapieinhalte abzuleiten.

Hinsichtlich des Forschungsstandes, der in der Ergebnisdiskussion behandelt wurde, können im folgenden Ausblick einige Forschungsbereiche herausgestellt werden, die, den Ergebnissen dieser Arbeit entsprechend, in Zukunft weiterer Untersuchungen bedürfen:

- Ggf. Evaluation der vorliegenden Diagnostikverfahren zur Akalkulie
- Festlegung einer hauptverantwortlichen Berufsgruppe zur Diagnosestellung und Behandlung der Akalkulie sowie entsprechende Bereitstellung eines Therapieangebots
- Entwicklung neuerer Diagnostikverfahren unter Einbeziehung neuer Zahlenverarbeitungsmodelle
- Entwicklung eines Diagnostikverfahrens, welches die Ziele von Ardila und Rosselli gleichermaßen erfüllen kann
- Erarbeitung einer Leitlinie, die die Bereiche Diagnostik und Therapie der Akalkulie zusammenfasst und zur Entscheidungsfindung beiträgt

Im Hinblick auf die logopädische Therapie kann abschließend sowohl aus den Ergebnissen als auch aus der Diskussion resümiert werden, dass weiterhin Forschungsbedarf hinsichtlich der vorhandenen Diagnostikverfahren und der Entwicklung weiterer geeigneter Tests besteht. Die bisher veröffentlichten Verfahren sollten so zunächst hinsichtlich der Fragestellung des Therapeuten ausgewählt werden, da kein allgemeingültiges Assessment vorliegt. Außerdem erscheint es notwendig, die vorliegenden Verfahren hinsichtlich ihrer Testgüte zu überprüfen, um die Qualität der Verfahren sicherzustellen und möglicherweise Vergleiche zwischen getesteten Personen ziehen zu können.

Weiterhin ist es notwendig, festzulegen, welche Profession in Zukunft primär für die Behandlung der Akalkulie verantwortlich sein soll und in dieser Hinsicht ein größeres Therapieangebot zur Verfügung zu stellen.



# Literaturverzeichnis

**Ansari, D.** (2010): Neurocognitive approaches to developmental disorders of numerical and mathematical cognition: The perils of neglecting the role of development. In: *Learning and Individual Differences*. 20. 123-129

**Ardila, A. u. Rosselli, M.** (2002): Acalculia and dyscalculia. In: *Neuropsychology Review*. 12. 179–231.

**Armstrong, R., Hall, B.J., Doyle, J. & Waters, E.** (2011): Cochrane Update - 'Scoping the scope' of a cochrane review. In: *Journal of Public Health*. 33(1). 147-150.

**Berger, H.** (1926): Über Rechenstörungen bei Herderkrankungen des Großhirns. In: *Archiv Psychiatrie Nervenkrankheiten*. 78. 238–263.

**Beushausen, U.** (2019): Testhandbuch Sprache in der Neurologie- Diagnostikverfahren in Logopädie und Sprachtherapie. Idstein. Schulz-Kirchner.

**Brand, M.; Kalbe, E. & Kessler, J.** (2002): Test zum kognitiven Schätzen. Manual. Göttingen: Beltz Test GmbH.

**Butterworth, B.** (2005): The development of arithmetic abilities. In: *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 46(1). 3–18.

**Cipolotti, L. & Butterworth, B.** (1995): Toward a multiroute model of number processing: Impaired number transcoding with preserved calculation skills. *Journal of Experimental Psychology: General*. 124. 375-390.

**Claros Salinas, D.** (1994): EC 301 R. Störungen des Rechnens und der Zahlenverarbeitung. Handanweisung. Gailingen. Allensbach. Konstanz. Kliniken Schmieder.

**Claros Salinas, D., Nuerk, H., Willmes, K.** (2009): Störungen der Zahlenverarbeitung. In: Sturm, W., Hermann, M., Münte, T. [Hrsg.]: *Lehrbuch der Klinischen Neuropsychologie- Grundlagen, Methoden, Diagnostik und Therapie*. 2. Aufl. Heidelberg. Spektrum. 619-640.

**Dehaene, S. u. Cohen, L.** (1995): Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition*. 1. 83-120.

**Deloche, G. & Seron, X.** (1987): Numerical Transcoding: A General Production Model. In: Deloche, G. & Seron, X. [Hrsg.]: *Mathematical Disabilities. A Cognitive Neuropsychological Perspective*. Hillsdale, N.J. Erlbaum. 137-170.

**Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendpsychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie e.V.** (2018): S3-Leitlinie: Diagnostik und Behandlung der Rechenstörung. AWMF online.

**DIMDI** (Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information) [Hrsg.] (2005): ICF. Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit. Köln: DIMDI.

**Domahs, F. & Delazer, M.** (2005): Some assumptions and facts about arithmetic facts. In: *Psychology Science*. 47(1). 96- 111.

- Fimm, B.** (2019): Psychometrische Grundlagen der Diagnostik. In: Schellig, D.; Heinemann, D.; Schächtele, B. & Sturm, W. [Hrsg.]: Handbuch neuropsychologischer Testverfahren. Band 3. Göttingen. Hogrefe. 771- 810.
- Foerch, C., Misselwitz, B., Sitzler, M., Steinmetz, H., Neumann-Haeflin, T.** (2008): Die Schlaganfallzahlen bis zum Jahr 2050. In: Deutsches Ärzteblatt. 105(26). 467-473.
- Girelli, L. u. Seron, X.** (2001): Rehabilitation of number processing and calculation skills. In: Aphasiology. 15(7). 695–712.
- Henschen, S.** (1919): Über Sprach-, Musik- und Rechenmechanismen und ihre Lokalisation im Großhirn. In: Gesamte Neurol Psychiatr. 52. 273–298.
- Hossiep, R.** (2020): Cronbachs Alpha. In: <https://m.portal.hogrefe.com/dorsch/cronbachs-alpha/>. [letzter Zugriff am 28.01.2020].
- Hüttemann, J.** (1998a): Störungen der Zahlenverarbeitung. Begleitheft. Hofheim. NAT-Verlag.
- Hüttemann, J.** (1998b): Störungen der Zahlenverarbeitung. Diagnostikteil. Hofheim. NAT-Verlag.
- Jacobs, C. & Petermann, F.** (2012): Diagnostik von Rechenstörungen. Göttingen: Hogrefe.
- Kalbe, E., Brand, M. & Kessler, J.** (2002): ZRT- Zahlenverarbeitung- und Rechentest. Manual. Göttingen: Beltz Test GmbH.
- Karmiloff-Smith, A.** (1997): Crucial differences between developmental cognitive neuroscience and adult neuropsychology. In: Developmental Neuropsychology. 13(4). 513-524.
- Kaufmann, L. u. Aster, M. von** (2012): Diagnostik und Intervention bei Rechenstörung. Deutsches Ärzteblatt. 109(45). 767-778.
- Krinzinger, H. & Günther, T.** (2019): Zahlenverarbeitung und Rechnen. In: Schellig, D.; Heinemann, D.; Schächtele, B. & Sturm, W. [Hrsg.]: Handbuch neuropsychologischer Testverfahren. Band 3. Göttingen. Hogrefe. 195-279.
- Landerl, K., Vogel, S. & Kaufmann, L.** (2017): Dyskalkulie- Modelle, Diagnostik, Intervention. München, Basel: Ernst Reinhardt.
- Lauer, N.** (2011): Alltagsorientierter Umgang mit Zahlen. Eine Übungssammlung für Menschen mit neurologisch bedingten Problemen bei Zahlenverarbeitung und Rechnen. Köln. ProLog.
- Lienert, G.A. & Raatz, U.** (1998): Testaufbau und Testanalyse. Weinheim. Beltz.
- McCloskey, M., Caramazza, A., Basili, A.** (1985): Cognitive mechanisms in number processing and calculation: Evidence from dyscalculia. In: Brain and Cognition. 171-196.
- McCloskey, M., & Caramazza, A.** (1987): Cognitive Mechanisms in Normal and Impaired Number Processing. In: Deloche, G. & Seron, X. [Hrsg.]: Mathematical disabilities. A Cognitive Neuropsychological Perspective. Hillsdale, N.J. Erlbaum. 201-219.

**Mueller, A. & Moeller, K. (2017):** Dyskalkulie bei Erwachsenen in drei Fallbeschreibungen. In: Lernen und Lernstörungen. 6(1). 19-24.

**NAT-Verlag:** Störungen der Zahlenverarbeitung. Hofheim. In: <https://www.nat-verlag.de/programm/zahlenverarbeitung/st-d-zahlenverarbeitung-screening-therapie/>. [letzter Zugriff am 07.01.2020].

**Noel, M.P. & Seron, X. (1993):** Arabic Number Reading Deficits: A Single Case Study. Cognitive Neuropsychology. 10(4). 317-339.

**Ressing, M., Blettner, M., Klug, S. (2009):** Systematische Übersichtsarbeiten und Metaanalysen. In: Deutsches Ärzteblatt. 106(27). 456-463.

**Roick, T. (2007):** AAS-Aiblinger Akalkulie Screening (PSYNDEX Tests Review). In: <https://www.psyndex.de/retrieval/PSYNDEXTests.php?id=9005356>. [letzter Zugriff am 18.12.2019].

**Rommelfanger, J. (2014):** Tribut an Alkohol und Nikotin: Schlaganfallopfer werden immer jünger. In: <http://www.medscapemedizin.de/artikel/4902076> [letzter Zugriff am 23.01.2020].

**Schellig, D., Heinemann, D., Schächtele, B. & Sturm, W. [Hrsg.]:** Handbuch neuropsychologischer Testverfahren. Band 3. Göttingen. Hogrefe.

**Scherfer, E. & Bossmann, T. (2011):** Forschung verstehen- Ein Grundkurs in evidenzbasierter Praxis. München. Pflaum.

**Schneider, B., Wehmeyer, M. & Grötzbach, H. (2014):** Therapiebausteine. In: Thiel, M. M., Frauer, C. & Weber, S. [Hrsg.]: Aphasie. Wege aus dem Sprachdschungel. Berlin. Heidelberg. Springer. 181-251.

**Testzentrale Hogrefe Verlag (2019a):** AAS- Aiblinger Akalkulie Screening. Göttingen. In: <https://www.testzentrale.de/shop/aiblinger-akalkulie-screening.html>. [letzter Zugriff am 18.12.2019].

**Testzentrale Hogrefe Verlag (2019b):** Störungen der Zahlenverarbeitung. Göttingen. In: <https://www.testzentrale.de/shop/stoerungen-der-zahlenverarbeitung.html>. [letzter Zugriff am 18.12.2019].

**Testzentrale Hogrefe Verlag (2019c):** ZRT- Zahlenverarbeitungs- und Rechentest. Göttingen. In: <https://www.testzentrale.de/shop/test-komplett-bestehend-aus-manual-5-test-heften-vorlagen-5-protokollheften-5-auswertungsprotokollen-leistungsprofilen-und-mappe.html>. [letzter Zugriff am 17.12.2019].

**Testzentrale Hogrefe Verlag (2020):** Test zum kognitiven Schätzen. Göttingen. In: <https://www.testzentrale.de/shop/test-zum-kognitiven-schaetzen.html>. [letzter Zugriff am 14.01.2020].

**Timmer, A. u. Richter, B. (2008):** Systematische Übersichtsarbeiten zu Fragen der Therapie und Prävention. Eine Einführung in Frage und Antwort. Teil 1 – Was ist eine systematische Übersichtsarbeit? In: Arzneimitteltherapie. 26(4). 137-139.

**Uman, L.S. (2011):** Systematic Reviews and Meta-Analyses. In: Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry. 20(1). 57-59.

**VDEK** (2017): Vertrag zwischen VDLS und VDEK. In: [https://www.vdek.com/vertrags-partner/heilmittel/rahmenvertrag/\\_jcr\\_content/par/download1095584454/file.res/RV\\_VDLS\\_RV\\_VDLS\\_NRW\\_171201.pdf](https://www.vdek.com/vertrags-partner/heilmittel/rahmenvertrag/_jcr_content/par/download1095584454/file.res/RV_VDLS_RV_VDLS_NRW_171201.pdf) [letzter Zugriff am 22.01.2020].

**Warrington**, E.K. (1982): The fractionation of arithmetical skills: A single case study, In: *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 34(1). 31-51.

**Wehmeyer**, M. & Grötzbach, H. (2014): Einteilung der Alexien, Agraphien und Akalkulien. In: Thiel, M. M., Frauer, C. & Weber, S. [Hrsg.]: *Aphasie. Wege aus dem Sprachdschungel*. Berlin. Heidelberg. Springer. 41- 51.

**Wiehage**, A. u. Heide, J. (2012): *Aphasie- Informationen für Betroffene und Angehörige*. Informationsbroschüre des Deutschen Bundesverbands für akademische Sprachtherapeuten.

**Willmes**, K. (2006): Störungen der Zahlenverarbeitung. In: Hartje, W. u. Poeck, K. [Hrsg.]: *Klinische Neuropsychologie*. Stuttgart. New York. Thieme. 450- 467.

**Willmes**, K. u. Klein, E. (2014): Akalkulie. In: Karnath, H., Goldenberg. G., Ziegler, W. [Hrsg.]: *Klinische Neuropsychologie- Kognitive Neurologie*. Stuttgart. Thieme. 133- 146.

**Willmes-von Hinckeldey**, K. (2006): Akalkulie. In: Karnath, H., Hartje, W., Ziegler, W. [Hrsg.]: *Kognitive Neurologie*. Stuttgart. Thieme. 84-95.

**Wolff**, J. (2002): SZV- Störungen der Zahlenverarbeitung (PSYINDEX Tests Review). In: <https://www.psyndex.de/retrieval/PSYINDEXTests.php?id=9004474>. [letzter Zugriff am 07.01.2020].

**Wolff**, J. (2003): ZRT- Zahlenverarbeitungs- und Rechentest (PSYINDEX Tests Review). In: <https://www.psyndex.de/retrieval/PSYINDEXTests.php?id=9004529>. [letzter Zugriff am 16.12.2019].

---

# Anhang

Anhang 1: Auswerteprotokoll EC 301 R .....	78
Anhang 2: Synoptische Evaluation aus Störungen der Zahlenverarbeitung .....	79
Anhang 3: Qualitative Endauswertung aus Störungen der Zahlenverarbeitung .....	80
Anhang 4: Auswerteprotokoll des ZRT .....	81
Anhang 5: Leistungsprofil des ZRT .....	82
Anhang 6: Auswertungsprotokoll des TKS .....	83
Anhang 7: Protokollbogen Gesamtscore des AAS .....	84
Anhang 8: Profilauswertung Teil 2 des AAS .....	85

## Anhang 1: Auswerteprotokoll EC 301 R

<b>EC 301 R - Auswertungsbogen</b>	
<b>Patient:</b>	<b>Datum:</b>

		Score	max.
I.	Abzählen		6
II.	Zählen		2
III.	Transkodieren		
	Schreiben (Zahlwort -> Ziffer)		12
	Lesen (Ziffer -> Zahlwort)		12
	1 -> eins (Ziffer -> Zahlwort)		12
IV.	Kopfrechnen		16
V.	Anordnen auf e. Zahlenstrahl		10
VI.	Zahlenvergleich		
	auditive Vorgabe		16
	schriftliche Vorgabe		16
VII.	Schriftliches Rechnen		
	Addition		4
	Subtraktion		4
	Multiplikation		7
VIII.	Perzeptives Schätzen		8
IX.	Kontextuelles Schätzen		10
<b>Summe</b>			<b>135</b>

Quelle: Claros Salinas 1994

## Anhang 2: Synoptische Evaluation aus Störungen der Zahlenverarbeitung

Name:	Datum:

**SYNOPTISCHE EVALUATION/ENDAUSWERTUNG**

Mögliche Gesamtzahl korrekter Einzellösungen: 284

Hauptkategorien (Zahlenkonzept)				
Fehlertyp	Kurzname	Anzahl Fehler	Mögl. Fehlerzahl der Kategorie ( $\Sigma$ )	Fehlerrate (%)
stack position	PO		261	
räumlich-konstruktiv: spatial	SP		173	
morphologisch	MO		91	
syntaktisch	SY		109	
stack information	ST		69	
phonologische Ähnlichkeit	PH		18	

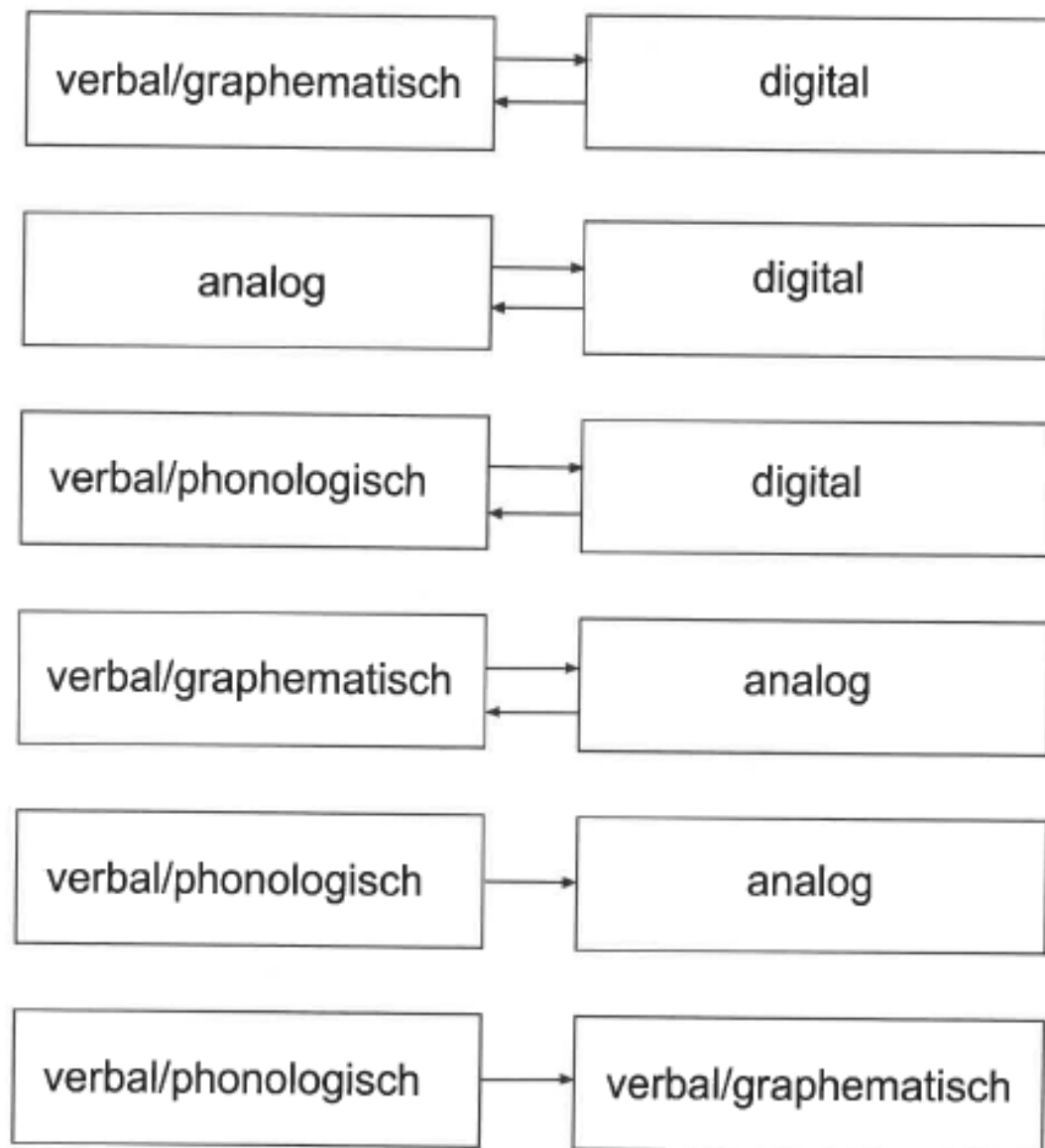
Hauptkategorien (Zahlenoperation)				
Fehlertyp	Kurzname	Anzahl Fehler	Mögl. Fehlerzahl der Kategorie ( $\Sigma$ )	Fehlerrate (%)
Kalkulation	KA		11	
kognitiv	CG		19	
Rechenzeichen	ZO		46	

Nebenkategorien (Zahlenkonzept)				
Fehlertyp	Kurzname	Anzahl Fehler	Mögl. Fehlerzahl der Kategorie ( $\Sigma$ )	Fehlerrate (%)
Sonderzeichen	SO		24	
Grapheme	GR		10	
Funktionswörter	FU		13	
Quantoren	QU		5	
mathem. Operatoren	VO		5	

Weitere Kategorien				
Fehlertyp	Kurzname	Anzahl Fehler	Mögl. Fehlerzahl der Kategorie ( $\Sigma$ )	Fehlerrate (%)
ideosynkratisch	ID		-	
Selbstkorrektur	SK		-	
Nullreaktionen	NR		-	

## Anhang 3: Qualitative Endauswertung aus Störungen der Zahlenverarbeitung

## Endauswertung (Qualitativ)



Quelle: Hüttemann 1998b: 33



## Anhang 4: Auswerteprotokoll des ZRT

<b>ZRT</b>	<b>Auswerteprotokoll</b>
Name: _____	Alter: _____ U.-Datum: _____
Bildung: _____	Beruf: _____

	Rohwerte max.		Wertpunkte max.
<b>Zahlenvergleich (UT 1)</b>			
Arabische Zahlen	18	_____	
Zahlwörter schriftlich	18	_____	
Zahlwörter mündlich	<u>18</u>	_____	
Gesamt	54	_____ → _____	3
<b>Transkodieren (UT 2, 3, 6, 8, 11)</b>			
<i>Lesen:</i> Arabische Zahlen	18	_____	
Zahlwörter	<u>18</u>	_____	
Gesamt	36	_____ → _____	3
<i>Diktat:</i> Arabische Zahlen	18	_____	
Zahlwörter	<u>18</u>	_____	
Gesamt	36	_____ → _____	3
<i>Schriftliches Transkodieren:</i> Arabische Zahlen in Zahlwörter	18	_____	
Zahlwörter in arabische Zahlen	<u>18</u>	_____	
Gesamt	36	_____ → _____	3
<b>Rückwärtszählen (UT 4)</b>	2	_____ → _____	2
<b>→ Summe Zahlenverarbeitung</b>			14
<b>Verarbeitung von Rechenzeichen (UT 5)</b>	2	_____ → _____	1
<b>Spaltenweises Anordnen von Zahlen (UT 9)</b>	4	_____ → _____	1
<b>Kopfrechnen (UT 7)</b>			
Addition	18	_____	
Subtraktion	18	_____	
Multiplikation	18	_____	
Division	<u>18</u>	_____	
Gesamt	72	_____ → _____	6
<b>Schriftliches Rechnen (UT 10)</b>			
Addition	18	_____	
Subtraktion	18	_____	
Multiplikation	<u>30</u>	_____	
Gesamt	66	_____ → _____	6
<b>→ Summe Rechnen</b>			14
<b>SUMME GESAMT</b>			28

## Anhang 5: Leistungsprofil des ZRT

ZRT	Leistungsprofil
-----	-----------------

## GESAMTLEISTUNGEN

	13–14	13–14	26–28
Normalbereich			
leichte Beeinträchtigung	9–12	9–12	17–25
mittlere Beeinträchtigung	4–8	4–8	8–16
schwere Beeinträchtigung	0–3	0–3	0–7
	Zahlenverarbeitung	Rechnen	Gesamtleistung ZRT

Für Vorausuntersuchungen  
(die Leistungsprofile der verschiedenen  
Messzeitpunkte können z. B. mit verschiedenen  
Farben gekennzeichnet werden):

1. Messung am: \_\_\_\_\_

2. Messung am: \_\_\_\_\_

3. Messung am: \_\_\_\_\_

## SUBTESTS

	3	3	3	3	3	2	1	1	6	6
Normalbereich										
leichte Beeinträchtigung	2	2	2	2	2	–	–	–	4	4
mittlere Beeinträchtigung	1	1	1	1	1	1	–	–	2	2
schwere Beeinträchtigung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Zahlenvergleich	Zahlen lesen	Zahlen schreiben nach Diktat	Schriftliches Transkodieren	Zahlen	Verarbeitung von Rechenzeichen	Anordnen von Zahlen	Kopfrechnen	Schriftliches Rechnen	
	Zahlenverarbeitung					Rechnen				

Quelle: Kalbe et al. 2002

## Anhang 6: Auswertungsprotokoll des TKS

**Auswertung**

<b>Dimension</b>	<b>Punkte</b>	<b>Maximum</b>
Größe		4
Gewicht		4
Anzahl		4
Zeit		4
<b>Gesamt</b>		<b>16</b>

**Interpretation der TKS-Gesamtpunktzahl**

<b>TKS Punkte</b>	<b>Interpretation</b>
0–7	deutlich beeinträchtigt
8–10	leicht beeinträchtigt
11 und mehr	nicht beeinträchtigt

Quelle: Brand et al. 2002

## Anhang 7: Protokollbogen Gesamtscore des AAS

## Teil 1 und 2 Protokollbogen / Gesamtscore - Kopiervorlage

Teil 1	Punktzahl
1 Zahlendiktat	/3
2 Vorlesen von Zahlen	/3
2 Vorlesen von Jahreszahlen	/3
3 Transkodieren von Zahlen in Zahlwörter	/3
4 Transkodieren von Zahlwörtern in Ziffern/Zahlen	/3
5 Einsetzen von Rechenzeichen	/3
Gesamt	/18

## Teil 2

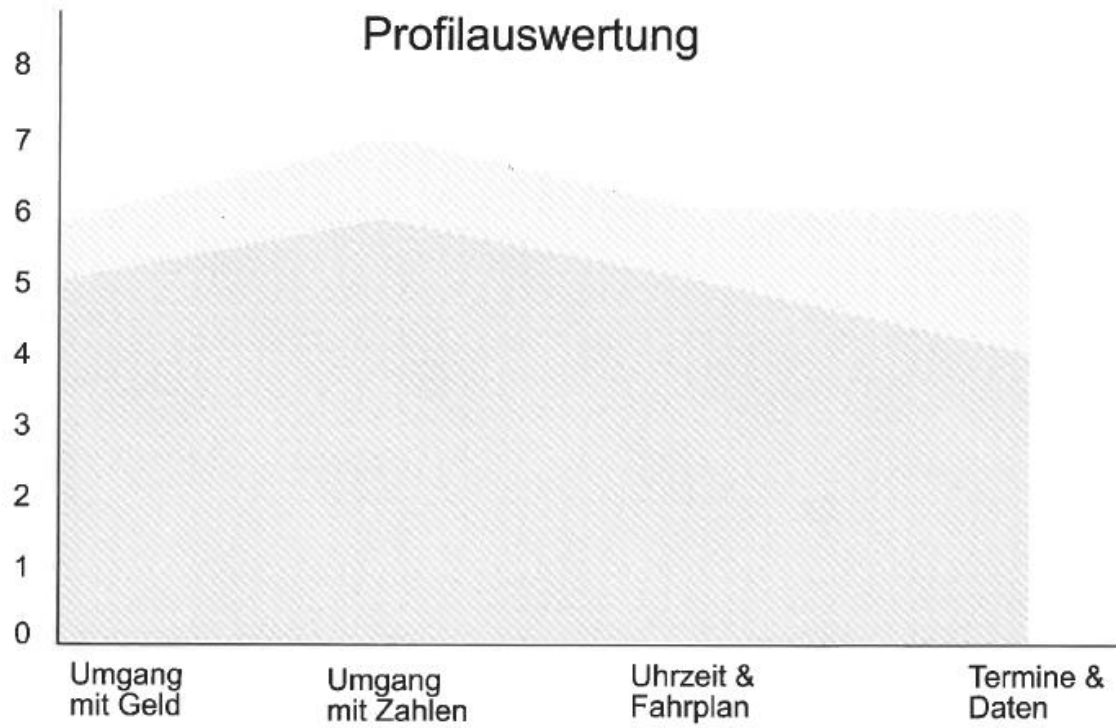
Die Durchführung von Teil 2 setzt eine in Teil 1 erreichte Gesamtpunktzahl von mindestens 12 Punkten voraus.

	Punktzahl	Gruppe
1.1 Umgang mit Geld/Schätzen	/2	/8
1.2 Umgang mit Geld/Addieren	/2	
1.3 Umgang mit Geld/Rückgeld	/2	
1.4 Umgang mit Geld/Scheine und Münzen	/2	
2.1 Umgang mit Zahlen/Zahlen eingeben	/2	/8
2.2. Umgang mit Zahlen/Rezept umrechnen	/6	
3.1 Uhrzeit und Fahrplan/Uhrzeit ablesen	/4	/8
3.2 Uhrzeit und Fahrplan/Fahrplan	/4	
4.1 Termine und Daten/Zeiten addieren	/2	/8
4.2 Termine und Daten/Daten berechnen	/6	
Gesamt	/32	

## Anhang 8: Profilauswertung Teil 2 des AAS

25%-Grenze: hellgrau = auffällig

5%-Grenze: dunkelgrau = deutlich auffällig



Quelle: Keller & Maser 2004: 80

---

## Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche einzeln kenntlich gemacht. Es wurden keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Osnabrück, 29.01.2020

Ort, Datum

Tina Rohleder

Unterschrift